

Донецкий Национальный  
Технический университет

Факультет Компьютерных  
Наук и Технологий

# СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

IX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«Информатика, управляющие системы,  
математическое и компьютерное  
моделирование»

ИУС МКМ 2018

В рамках IV международного научного форума  
Донецкой Народной Республики

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ  
КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК И ТЕХНОЛОГИЙ**

**ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ,  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
(ИУСМКМ-2018)**

**Материалы IX Международной научно-технической  
конференции в рамках  
IV Международного Научного форума  
Донецкой Народной Республики**

**22-24 мая 2018 г.**

**г. Донецк, ДонНТУ – 2018**

УДК 004

Материалы IX Международной научно-технической конференции «Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование» (ИУСМКМ-2018). – Донецк: ДонНТУ, 2018. – 290 с.

Сборник подготовлен по результатам IX Международной научно-технической конференции «Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование», проведенной в рамках IV Международного Научного форума Донецкой Народной Республики.

Организаторами конференции выступили Министерство образования и науки ДНР; ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (ДонНТУ) факультет компьютерных наук и технологий (ФКНТ), кафедра автоматизированных систем управления (АСУ); Полоцкий государственный университет (Республика Беларусь, г. Полоцк); Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Российская Федерация, г. Белгород) и Институт «Высшая школа экономики и менеджмента» ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (Российская Федерация, г. Екатеринбург).

Материалы, вошедшие в сборник, представлены научно-педагогическими сотрудниками, аспирантами, магистрантами и студентами высших учебных заведений из России, Белоруссии, ДНР, ЛНР и Казахстана.

Рекомендовано к публикации на заседании Ученого совета ДонНТУ.  
Протокол №5 от «22» июня 2018 г.

Адрес оргкомитета:  
г. Донецк, проспект 25-летия РККА, 1, Донецкий национальный технический университет, 8 учебный корпус, ФКНТ, кафедра АСУ, ком. 8.601.  
E-mail: [iuskm@domntu.org](mailto:iuskm@domntu.org)

## СОДЕРЖАНИЕ

стр.

<b>Анализ методов решения задачи коммивояжёра</b> <i>Савкин В. Ю., Светличная В. А., Рыдзывьило К. Г.</i> .....	6
<b>Анализ методов сетевого планирования для АСУ загрузкой механического оборудования</b> <i>Стрельников Е. А., Светличная В. А., Шевченко Д. Д.</i> .....	11
<b>Анализ структуры сети транзакций учебной платежной системы</b> <i>Овчинникова Т. А.</i> .....	16
<b>Анализ эмоционального состояния человека на основе математического моделирования</b> <i>Семенова А. П., Миненко А. С.</i> .....	22
<b>Аналитический базис и оценка влияния риска взаимодействия на структуру портфеля ИТ-проектов компании</b> <i>Лапина С. Н., Лавриненко Т. В., Коломыцева А. О.</i> .....	26
<b>Архитектура искусственного интеллекта на базе технологии блокчейна</b> <i>Матвеев М. О., Гудаев О. А.</i> .....	29
<b>Графовая модель разработки производственного расписания вагонного депо</b> <i>Азоркин К. С., Савкова Е. О., Жданов Е. В.</i> .....	33
<b>Задачи по геометрии на тему: нахождение точек плоскости, расположенных на рациональных расстояниях от вершин треугольника</b> <i>Свентковский В. А.</i> .....	37
<b>Закономерности и особенности развития компьютерных систем в контексте «революции криптехнологий» и перспектив постбинарного компьютеринга</b> <i>Аноприенко А. Я., Иванюца С. В., Сидоров К. А.</i> .....	41
<b>Интеллектуальная система составления перспективного и ежедневного меню в условиях младшего дошкольного воспитательного учреждения</b> <i>Солоницын Л. П., Землянская С. Ю., Гримута А. В., Смирнов И. В.</i> .....	46
<b>Использование информационных технологий в обработке результатов реологических исследований концентрированных золотых гидросмесей</b> <i>Капустин Д. А., Сентяй Р. Н., Швыров В. В., Корон Г. В., Шулика Т. И.</i> .....	52
<b>Использование пакета Cisco Packet Tracer для создания виртуальной локальной сети</b> <i>Кирпач Е., Моногаров А. А., Мальцева Р. В.</i> .....	56
<b>Исследование и проектирование программного комплекса удаленного резервного копирования данных</b> <i>Ольшевский А. И., Нестеренко В. С.</i> .....	61
<b>Исследование и разработка метода оптимизации роя частиц для распознавания динамических жестов</b> <i>Потопахин А. А., Ручкин К. А.</i> .....	65
<b>Компьютеризированная подсистема учета текущей успеваемости студента в условиях вуза</b> <i>Потовиченко М. А., Привалов М. В., Корнев С. В.</i> .....	71
<b>Крейновское расширение дифференциального оператора чётного порядка</b> <i>Грановский Я. И.</i> .....	76
<b>Методика построения концептуальной модели логистической системы на основе имитационного моделирования</b> <i>Медведева М. А., Глумова Ю. Э.</i> .....	78
<b>Методика структурного анализа графов коммуникаций между студентами при выполнении учебных проектов</b> <i>Назарова Ю. Ю.</i> .....	83
<b>Моделирование интеллектуального управления образовательными программами в вузе</b> <i>Молдабекова Б. К.</i> .....	87



<b>Моделирование коммерциализацией ИТ-инноваций по показателям согласования интересов производителя и потребителя</b> <i>Лапина С. Н., Дерябина И. Ю.</i> .....	94
<b>Моделирование систем уравнений динамики движения транспортного средства на параллельной архитектуре</b> <i>Хайдуков А. В., Кривошеев С. В., Штепа В. Н.</i> .....	99
<b>Моделирование системы снижения убыточности строительного предприятия на основе системно-динамического подхода</b> <i>Загорная Т. А., Нелюбина Ю. А.</i> .....	104
<b>Моделирование физических процессов в САПР</b> <i>Чернышов Д. Н., Григорьев А. В.</i> .....	109
<b>Модифицированный генетический алгоритм формирования графика прохождения лечебно-оздоровительных процедур</b> <i>Задорожная Е. Г., Савкова Е. О., Кожбакова А. А.</i> .....	113
<b>Нейросетевое прогнозирование сбыта продукции строительных материалов</b> <i>Вудбуд Е. Ю., Васяева Т. А., Теплова О. В.</i> .....	118
<b>О связи решёток конгруэнций полигона и полигона с нулём</b> <i>Кожухов И. Б., Мухамедкаримов Е.</i> .....	124
<b>Обнаружение угроз безопасности в системе контроля и управления доступом</b> <i>Юрьев Н. Н., Васяева Т. А.</i> .....	126
<b>Объектно-ориентированный подход в моделировании и диагностике производительности автоматизированных технологических комплексов механообработки</b> <i>Секирин А. И., Калинин А. В., Бабич К. К.</i> .....	130
<b>Особенности проектирования логистических информационных систем</b> <i>Шаповалова А. В., Боднар А. В.</i> .....	135
<b>Оценка возможностей учебной платёжной системы в организации внеучебной деятельности студентов</b> <i>Демина М. И.</i> .....	139
<b>Оценка возможности криптографической валюты выполнять функции денег</b> <i>Берг Д. Б., Балагура К. А., Заярский И. М.</i> .....	144
<b>Построение кругового цилиндра с эвольвентной осью методом подвижного симплекса</b> <i>Малютин Т. П., Давыденко И. П., Старченко Ж. В.</i> .....	148
<b>Преобразование Фурье и спектральный анализ при цифровой обработке сигналов электрокардиограммы сердца человека</b> <i>Поликова М. Ю.</i> .....	153
<b>Приложение для чтения текста в форматах fb2 и epub на мобильных устройствах</b> <i>Морнева А. Е., Коломойцева И. А.</i> .....	157
<b>Применение метода генетических уточнений решений дифференциальных уравнений на примере моделирования процесса металлообработки</b> <i>Долженко А. М., Рыбалко К. К.</i> .....	163
<b>Применение методов анализа данных для медийного освещения Сирийского конфликта</b> <i>Козмоцкий Е. И., Кузнецов А. Л., Кочуров Д. Н.</i> .....	167
<b>Применение методов глубокого обучения в системе видеонаблюдения</b> <i>Егорова М. С., Мартыненко Т. В., Ченгарь И. В.</i> .....	172
<b>Применение методов текстурного анализа для классификации изображений природного облицовочного камня с разной зернистостью</b> <i>Погодин С. К., Привалов М. В., Макаров И. В.</i> .....	177
<b>Применение облачных вычислений в системах реального времени</b> <i>Соломаха С. С., Мальцева Р. В., Дегтярева И. И.</i> .....	182

<b>Прогнозирование траектории движения подвижного объекта распределенного симулятора тяжелой инженерной техники</b> <i>Койбаш А. А., Завадская Т. В., Кривошеев С. В.</i> .....	187
<b>Проект сети корпоративного управления в системе обеспечения информационной безопасности оператора мобильной связи</b> <i>Чернильцев А. Г., Бродская А. В.</i> .....	192
<b>Проектирование и разработка защищенной административной панели для распределенной системы Nadoor</b> <i>Егоров А. А., Чернышова А. В.</i> .....	197
<b>Равномерность и g-суммы</b> <i>Айдагулов Р. Р.</i> .....	202
<b>Разработка модификации волнового метода трассировки печатных соединений</b> <i>Чумаков Э. Е., Струнилин В. Н., Володько Л. П.</i> .....	209
<b>Разработка системно-аналитического инструментария совершенствования процессов выращивания пшеницы и производства мукомольной продукции</b> <i>Кутафина В. И.</i> .....	214
<b>Разработка системы контроля приемом посетителей предприятия</b> <i>Парфенов Д. А., Мальчева Р. В., Янковский И. А.</i> .....	219
<b>Разработка системы показателей для анализа консолидированной финансовой отчетности</b> <i>Андреева А. И., Детков А. А., Боднар А. В.</i> .....	223
<b>Самосопряженность матричного оператора Дирака с точечными матричными взаимодействиями</b> <i>Будыка В. С.</i> .....	226
<b>Система построения ментального портрета студента с речевым интерфейсом</b> <i>Гончаров К. Д., Федяев О. И.</i> .....	230
<b>Системно-динамическая модель управления коммуникациями в муниципальной сети</b> <i>Апанасенко А. В., Берг Д. Б.</i> .....	235
<b>Современная интерпретация и классификация платежных систем</b> <i>Мостовая Н. В., Берг Д. Б.</i> .....	239
<b>Сравнительный анализ методов распознавания лиц для использования в подсистеме идентификации личности</b> <i>Коношенко В. О., Привалов М. В., Пашкова Ю. И.</i> .....	245
<b>Студенческое предпринимательское сообщество</b> <i>Исайчик К. Ф.</i> .....	251
<b>Увеличение производственной мощности путём расширения существующего участка транспортировки</b> <i>Сноведский И. В., Достлев Ю. С., Лобзенко П. В.</i> .....	256
<b>Управление взаимодействием субъектов строительного рынка</b> <i>Медведева М. А., Стрелина С. И.</i> .....	261
<b>Управление разработкой программного продукта на основании методологии Scrum (Agile)</b> <i>Божско Ю. О., Чепуров Е. Г.</i> .....	265
<b>Усовершенствование технологии ИТ-аудита бизнес-процессов</b> <i>Ченакал В. А.</i> .....	271
<b>Формирование трафика на основе самоорганизованной критичности</b> <i>Глухов Д. М., Бельков Д. В., Едемская Е. Н.</i> .....	275
<b>Численное моделирование процессов теплопереноса с фазовыми переходами в противоточных теплообменных аппаратах</b> <i>Толстых В. К., Пшеничный К. А.</i> .....	280



УДК 004.046

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЁРА

Савкин В. Ю.\*, Светличная В. А.\*, Рыдзывыло К. Г.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления

\*\* Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Севастопольский государственный университет»

E-mail: [vladislav1936@gmail.com](mailto:vladislav1936@gmail.com)

### **Аннотация:**

**Савкин В. Ю., Светличная В. А., Рыдзывыло К. Г. Анализ методов решения задачи коммивояжёра.** В данной статье описаны основные задачи транспортной логистики, одной из которых является задача коммивояжёра. Приведена математическая постановка задачи коммивояжёра. Определены критерии оптимизации маршрута доставки и ограничения, влияющие на формирование маршрута. Исследованы методы и алгоритмы, которые применялись для решения этой задачи.

### **Annotation:**

**Vladislav Savkin, Victoria Svetlichnaya, Kirill Rydzyvylo. Analysis of methods for solving the traveling salesman problem.** This article describes the main tasks of transport logistics, one of which is the traveling salesman problem. A mathematical statement of the traveling salesman problem is given. The criteria for the optimization of the delivery route and the restrictions affecting the formation of the route are determined. The methods and algorithms that were used to solve this problem were investigated.

### **Введение**

Транспортная логистика – это комплекс мероприятий, осуществляемый с целью организации доставки товаров и грузов с минимальными временными и финансовыми затратами [1].

Транспортную логистику можно представить в виде шести последовательных задач, таким образом к каждой из этих задач можно приступить только после выполнения предыдущей. Этими задачами являются:

– учёт наличия товаров на складе – регистрация товара на складе с информацией о текущем остатке;

– учёт и обработка заявок на поставку товара – сбор заявок на доставку товаров со всех пунктов и последующее формирование одной единой заявки;

– расчёт загрузки транспортных средств – вычисление необходимого количества грузовых автомобилей для транспортировки всех товаров из общей заявки с учётом параметров груза (длина, ширина, высота, общая масса тары) и автомобилей (грузоподъёмность автомобиля, длина, ширина и высота контейнера или отсека);

– разбиение обрабатываемого участка на геозоны (кластеры) с учётом имеющегося транспорта – задача кластеризации;

– построение наиболее выгодного маршрута доставки товара задача коммивояжёра;

– комплектование контейнера автомобиля таким образом, чтобы по прибытии в каждый пункт доставки груз, предназначенный конкретно для текущего пункта, находился ближе остальных по отношению к «началу» контейнера – задача о рюкзаке.

Задача коммивояжёра является лишь одним из элементов транспортной логистики и для неё существуют как предшествующие, так и последующие задачи.



**Целью исследования** задачи коммивояжёра является определение таких параметров, характеристик и алгоритмов, которые смогли бы удовлетворить условию поиска оптимального маршрута для большого количества вершин, т.е., по сути, нахождение оптимального решения этой задачи. Для этого необходимо выполнить ряд следующих подзадач:

- определить ограничения, влияющие на маршрут;
- представить задачу коммивояжёра математическим способом;
- определить критерии оптимальности маршрута;
- определить наиболее эффективный алгоритм для решения задачи.

### Постановка задачи

Задача коммивояжёра представляет собой задачу поиска кратчайшего Гамильтонова пути в полном конечном графе с  $N$  вершинами [2]. Коммивояжёр, выходящий из какого-нибудь пункта, желает посетить  $N-1$  других пунктов и вернуться к исходному пункту. Известны расстояния между всеми этими пунктами. Требуется установить, в каком порядке он должен посещать эти пункты, чтобы маршрут можно было считать оптимальным исходя из выбранного критерия.

На процесс формирования оптимального маршрута может влиять ряд дополнительных факторов, которые принято называть ограничениями. Для задачи коммивояжёра ограничениями являются:

- количество автомобилей, выполняющих транспортировку груза, равное количеству кластеров (геозон);
- список заявок на доставку груза, сформированных по каждому пункту доставки.

Постановка задачи для одного маршрута звучит следующим образом. Имеется  $n$  пунктов, стоимость между которыми задана матрицей  $c$ . Коммивояжёр должен побывать в каждом пункте один раз и вернуться в исходный пункт маршрута, затратив при этом минимум средств [3]. Математически это может быть представлено следующей формулой, которая также представляет собой целевую функцию:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $n$  – количество пунктов на карте;

$c_{ij}$  – матрица стоимости между пунктами;

$x_{ij}$  – матрица переходов с компонентами:  $x_{ij} = 1$ , если маршрут включает переезд из точки  $i$  непосредственно в точку  $j$ ;  $x_{ij} = 0$ , в противном случае.

Аналитическую постановку задачи можно сформулировать следующим образом: найти минимум функции  $Z$  при выполнении ограничений и неотрицательности значений матрицы  $x$  [4]. Систему ограничений можно представить следующим образом:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij}, & i = 1 \dots n \\ \sum_{i=1}^n x_{ij}, & j = 1 \dots n \\ u_i - u_j + nx \leq n-1, & i, j = 1 \dots n, \quad i \neq j \end{cases} \quad (2)$$

где  $n$  – количество пунктов на карте;

$x_{ij}$  – матрица переходов с компонентами;

$u_i, u_j$  – произвольные целые неотрицательные числа.



При этом каждое из ограничений выражает следующие условия:

- ограничение № 1 выражает условие, что коммивояжёр выезжает из каждого пункта один раз;
- ограничение № 2 выражает условие, что коммивояжёр въезжает один раз в каждый пункт;
- ограничение № 3 выражает условие, что маршрут не будет содержать в себе замкнутые маршруты (условие незамкнутости), кроме одного, включающего все пункты, а также то, что маршрут не должен содержать петель.

Маршрут можно считать оптимальным исходя из следующих критериев:

- наименее затратный маршрут с точки зрения времени или расстояния;
- наименее затратный маршрут с точки зрения финансовой составляющей;
- наименее затратный маршрут с точки зрения времени, расстояния, и финансовой составляющей, т. е. совокупный критерий.

Стоит отметить, что кратчайший маршрут не всегда является наименее затратным, поэтому эти два критерия стоит рассматривать как отдельные.

### **Обзор методов и алгоритмов**

Для решения задачи коммивояжёра существует довольно большое количество методов и алгоритмов, каждый из которых отличается собственной особенностью реализации и может решать задачу как целиком, так и её отдельные подзадачи. Эти алгоритмы и методы можно классифицировать как точные, эвристические и поисковые.

**Точные алгоритмы.** Среди точных алгоритмов наиболее популярными для решения задачи коммивояжёра являются: метод последовательной сепарации [3]; алгоритм полного перебора [5]; метод ветвей и границ. К преимуществам точных алгоритмов можно отнести возможность распараллеливания и точное решение задачи.

**Эвристические алгоритмы.** Эвристические алгоритмы эффективны как при решении обобщённой задачи коммивояжёра, так и при решении простой задачи коммивояжёра. К ним можно отнести довольно большое количество методов и алгоритмов:

- нейронные сети [2];
- BV-метод [5];
- метод включения дальнего;
- метод имитации отжига [6];
- метод ближайшего соседа;
- алгоритм разрезания общего маршрута;
- алгоритм разделения по углу;
- метод дихотомического разделения на группы.

Эвристические алгоритмы имеют линейную сложность, дают приблизительное решение задачи и в большинстве своём не поддаются распараллеливанию [5]. В некоторых случаях распараллеливанию поддаются только конкретные этапы алгоритма.

**Поисковые алгоритмы.** Поисковые алгоритмы являются наиболее распространёнными среди алгоритмов для решения задачи коммивояжёра. Лидерами среди них являются генетические алгоритмы и алгоритмы колонии муравьёв, или муравьиные алгоритмы [5].

Генетические алгоритмы являются наиболее оптимальными среди поисковых в плане соотношения время/качество и могут быть распараллелены.

Муравьиные алгоритмы наиболее эффективны для решения задачи коммивояжёра в плане конечного результата. Кроме того, для небольшого количества вершин задача может быть решена полным перебором, при увеличении числа вершин, когда задача становится NP-трудной, эффективность алгоритма возрастает. Стоит отметить, что муравьиные алгоритмы хорошо поддаются распараллеливанию.





### Результаты сравнения

Сведём результаты сравнения методов и алгоритмов в таблицы, характеризующие временные затраты и процент погрешности каждого метода. Сравнительный анализ всех классов алгоритмов представлен в табл. 1-2 [7].

Таблица 1 – Относительная погрешность методов, %

Кол-во вершин, $N$	Точные алгоритмы		Эвристические алгоритмы		Алгоритмы поиска	
	АПП	МВиГр	МВД	BV	ГА	Ant
20	0,05	0,09	7,99	5,37	2,85	0,78
40	0,2	0,34	11,56	8,76	3,54	2,04
60	0,37	0,68	13,18	10,03	3,81	1,89
80	0,66	0,81	13,89	11,16	5,27	1,81
100	0,79	1,09	14,04	11,42	5,05	2,03

Таблица 2 – Временные затраты методов, мс

Кол-во вершин, $N$	Точные алгоритмы		Эвристические алгоритмы		Алгоритмы поиска	
	АПП	МВиГр	МВД	BV	ГА	Ant
20	16560	5881	7	25	245	104
40	618855	557798	10	84	740	924
60	54481312	19451803	20	401	1954	3603
80	–	–	57	918	4130	10342
100	–	–	110	2856	7139	22230

*Примечание:* «–» – решение не было найдено за приемлемое (8 ч) время.

Точные алгоритмы и методы дают точное решение, соответственно их погрешность минимальна, они могут быть распараллелены, что является важным фактором. Однако большинство сфер, в которых может применяться задача коммивояжера, требуют регулярного составления новых маршрутов, т.к. происходит ежедневное изменение пунктов доставки товара и их количества (как правило, значительно превышающее 10 единиц). Исходя из этого, временные затраты точных алгоритмов делают их непригодными для решения задач с большим количеством вершин [5]. Следовательно, можно сделать вывод о том, что данные алгоритмы и методы применимы только к задачам малого масштаба, в которых число пунктов доставки не превышает десяти.

Эвристические алгоритмы и методы являются лидерами по быстродействию, соответственно скорость их работы не требует больших вычислительных ресурсов, однако они дают лишь приблизительное решение задачи, т. е. погрешность при их использовании достаточно велика. Кроме того, эвристические алгоритмы далеко не всегда поддаются распараллеливанию – в некоторых случаях распараллелить можно лишь конкретные этапы алгоритма, в других случаях вообще невозможно применить параллелизм при их использовании. Следовательно, применение эвристических алгоритмов для решения рассматриваемой задачи актуально лишь в том случае, когда быстродействие является критичным параметром.

Поисковые алгоритмы являются компромиссным решением между точными и эвристическими – результативность поисковых алгоритмов является более чем удовлетворительной, т. к. в случае их использования и погрешность, и время выполнения стремятся к минимуму, в отличие от двух других классов алгоритмов, в которых оптимизации подлежит лишь один из вышеперечисленных критериев. При этом, поисковые алгоритмы достаточно чувствительны к параметрам, что может сказаться на конечном результате.

Исходя из результатов, можно сказать, что генетические алгоритмы дают более эффективный результат по сравнению с муравьиными. Однако, существует ряд скрытых факторов, которые могут негативно повлиять на конечный результат: высокие требования к вычислительным ресурсам, преждевременная сходимость, высокая чувствительность к параметрам и их неочевидная конфигурация, отсутствие эффективных критериев окончания работы алгоритма и т. д. [6].

В то же время, в работе муравьиных алгоритмов можно выделить такие особенности, как гибкость и возможность модификации  $n$ -го уровня [7]. Кроме того, муравьиные алгоритмы имеют преимущество перед генетическими алгоритмами и нейронными сетями – они опираются на память обо всей колонии вместо памяти только о предыдущем поколении, менее подвержены неоптимальным начальным решениям [8]. И не стоит забывать, что эффективность работы муравьиных алгоритмов возрастает с увеличением количества вершин, когда задача коммивояжёра становится NP-трудной.

### Выводы

С учётом всех вышеперечисленных факторов и проведённого исследования [9-10], для решения задачи коммивояжёра наиболее целесообразно использовать муравьиные алгоритмы, которые были разработаны специально для решения данной задачи и являются наиболее эффективными в этой области. Однако, помимо самого алгоритма, нельзя забывать о критерии оптимизации, который указывает, в каком направлении должен работать алгоритм. Это важно с той точки зрения, что один и тот же алгоритм может давать разные результаты для разных критериев оптимизации при решении одной и той же задачи. Кроме того, стоит брать во внимание ограничения, которые будут влиять на работу алгоритма и конечный результат. Эти ограничения могут быть представлены в качестве входных данных.

### Литература

1. Транспортная логистика [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fingeniy.com/transportnaya-logistika/>
2. Товстик, Т. М. Алгоритм приближённого решения задачи коммивояжёра / Т. М. Товстик, Е. В. Жукова // Вестник СПбГУ. – 2013. – № 1. – С. 101-109.
3. Петрунин, С. В. Использование метода последовательной сепарации (ПС) для решения задачи коммивояжёра // Научный вестник МГТУ ГА. – 2009. – № 143. – С. 87-90.
4. Математические модели задач дискретного программирования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://iasa.org.ua/lections/iso/4/4.1.htm>
5. Борознов, В. О. Исследование решения задачи коммивояжёра // Вестник АГТУ. Сер: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 2. – С.147-151.
6. Гараба, И. В. Сравнительный анализ методов решения задачи коммивояжёра для выбора маршрута прокладки кабеля кольцевой сети кольцевой архитектуры // Молодёжный научно-технический вестник. – 2013. -№ 1. С.173-188.
7. Решение сложных задач коммивояжера методами функциональных гибридных интеллектуальных систем / Под ред. А. В. Колесникова. – М.: ИПИ РАН, 2011. – 295 с., ил.
8. Семенкина, О. Е. Effectiveness Comparison of Ant Colony and Genetic algorithms for solving combinatorial optimization problems // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. – 2012. – № 1. – С.96-97.
9. Курейчик, В. М. О некоторых модификациях муравьиного алгоритма / В. М. Курейчик, А. А. Кажаров // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – №1. – С.7-12.
10. Мурзин Б. П., Светличная В. А. Использование алгоритма муравьиной колонии для определения оптимального маршрута доставки грузов [Электронный ресурс] — Режим доступа <http://masters.donntu.org/2011/fknt/murzin/library/docs/1.htm>



УДК 004.67

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ АСУ ЗАГРУЗКОЙ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Стрельников Е. А.\*, Светличная В. А.\*, Шевченко Д. Д.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления

\*\* Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)  
E-mail: [shunterisus@gmail.com](mailto:shunterisus@gmail.com)

### **Аннотация:**

*Стрельников Е. А., Светличная В. А., Шевченко Д. Д. Анализ методов сетевого планирования для АСУ загрузкой механического оборудования. Рассмотрена общая постановка проблемы и обоснована актуальность создания АСУ загрузкой механического оборудования. Проведён анализ информационных потоков в машиностроительном предприятии и методов оптимизации календарного плана. Определены будущие задачи и представлены в формализованном виде.*

### **Annotation:**

*Strelnikov E. A., Svetlichnaya V. A., Shevchenko D. D. Analysis of network planning methods for automated control systems for loading mechanical equipment. The general statement of the problem is considered and the urgency of creation of the automated control system for loading of the mechanical equipment is proved. The analysis of information flows in the machine-building enterprise and methods of optimization of the calendar plan is carried out. Future tasks are defined and presented in a formalized form.*

### **Общая постановка проблемы**

В условиях стремительного развития машиностроения автоматизация загрузки механического оборудования является актуальной задачей. Проблемы автоматизации оперативного планирования исследуются давно, и, как показывает анализ, задачи организационного характера достаточно трудно поддаются автоматизации.

В наше время предприятия машиностроительной отрасли стремятся к повышению доходности бизнеса на долгий промежуток времени, так как это может обеспечить необходимую финансовую стабильность предприятия. В связи с этим появляется задача умелого управления разного рода производственными особенностями, одним из которых является оперативно-календарное планирование на уровне цеха. Ведь уже на цеховом уровне производства стоит обеспечить качественный сервис, который сможет предложить такой продукт, который будет соответствовать требованиям качества и выполнен в заявленные сроки.

Автоматизация управления загрузкой внутрицехового оборудования такого рода предприятий позволит избавиться или уменьшить негативное влияние от ряда трудностей, связанных с вышеописанными особенностями данного типа производства.

### **Исследования**

Перед тем, как приступить к процессу разработки информационной системы управления объектом следует обозначить общие цели самого предприятия.

Для машиностроительного предприятия с мелкосерийным типом производства одной из основных целей производства является своевременное выполнение заказов надлежащего качества [1]. В силу наличия больших объемов работ, а, следовательно, больших объемов информации, характеризующих производственные процессы на предприятии, возникает

необходимость выполнения целого ряда задач для цехового управления предприятия, к которым следует отнести:

- организация сбора данных о работе обрабатывающих станков и другого производственного оборудования;
- распределение выполнения производственных заказов по оборудованию и отслеживание выполнения заказов;
- формирование электронных паспортов партий, содержащие данные о том, кто, когда, на каком оборудовании и из каких материалов сделал то или иное изделие;
- выполнение мониторинга работы станков, обрабатывающих центров, промышленных роботов, оснастки для подсчёта времени наработки и контроля значений технологических параметров (температура, давление, время цикла и т. д.);
- отображение текущего состояния оборудования на рабочих местах пользователей или на больших экранах, расположенных в цехах;
- ведение централизованной базы технической документации и управляющих программ, а также пересылка управляющих программ в системы управления станками [2].

Используя язык UML, можно представить функции компьютеризированной системы в следующем виде (см. рис. 1):

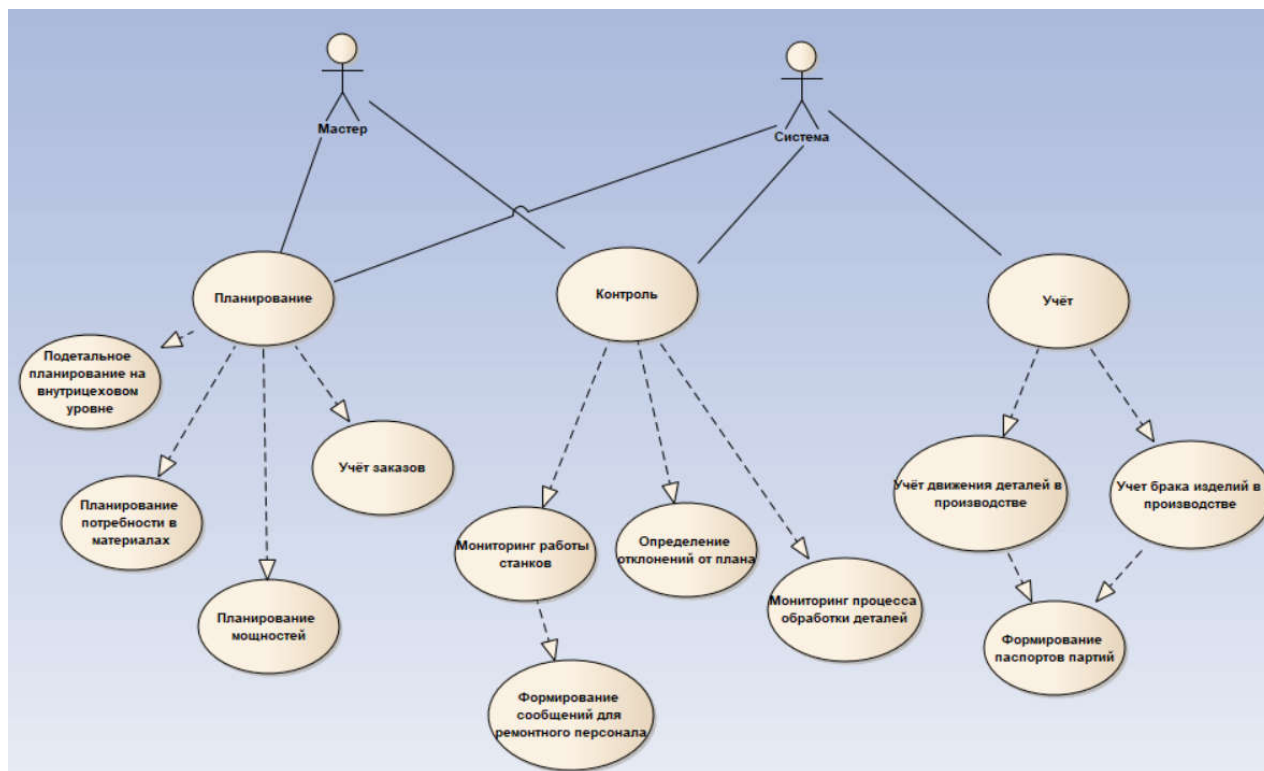


Рисунок 1 – Функции компьютеризированной системы

Одной из самых важных задач является распределение выполнения производственных заказов по оборудованию, которая в свою очередь связана с целым рядом других задач потоками информации. Такие задачи решаются с помощью систем сетевого планирования и управления (СПУ) [3].

Система СПУ охватывает три стадии организации производства:

- предварительную (исходную) стадию;
- стадию разработки и оптимизации сетевого графика;
- стадию оперативного контроля за ходом выполнения работ.



На предварительной стадии дается логическое описание комплекса работ, определяется последовательность и взаимосвязь отдельных этапов, состав и взаимосвязь исполнителей работ, ориентировочные сроки поставок, потребности в ресурсах и финансировании. Здесь же устанавливаются и критерии эффективности [3].

Стадия разработки и оптимизации включает:

- расчленение всего комплекса работ на этапы и выдача заданий исполнителям на составление фрагментов сетевой модели по каждому этапу;
- составление перечня работ с описанием их содержания;
- составление перечня событий с необходимой детализацией и четкой формулировкой, не допускающей различного толкования;
- определение последовательности и параллельности выполнения работ;
- построение локальных сетевых графиков (фрагментов) по этапам;
- построение («сшивание») локальных графиков в комплексную (сводную) сетевую модель;
- расчет основных параметров сетевой модели и ее оптимизация;
- оформление документов и доведение заданий и сроков выполнения работ до исполнителей.

В большинстве случаев в качестве решающего фактора принимается фактор времени. В этом случае основными параметрами сетевого графика являются:

- продолжительность работ;
- ранние и поздние сроки наступления событий;
- критический путь;
- резервы времени по событиям [3].

В рамках данной работы решается задача построения локальных сетевых графиков (фрагментов) по этапам, т. е. другими словами нахождения очередности обработки деталей по рабочим местам технологического процесса, составление календарного расписания загрузки оборудования на определенный плановый период. Итоговым документом, создаваемым в этой фазе, является сменное задание на рабочие места.

Для решения этой задачи используется следующая входная информация:

- состав конструкций изделий;
- наличие и возможности обрабатывающего оборудования и персонала;
- заказанное количество изделий;
- директивные сроки изготовления.

Для того, чтобы более правильно поставить задачу необходимо в деталях проанализировать непосредственно технологический процесс, а также его особенности.

Проанализировав графоаналитическую схему технологического процесса, можно сказать, что в заказе, который приходит на предприятие, может быть одно или несколько изделий. Каждое из изделий состоит из  $n$  групп деталей, которые подлежат обработке.

Все группы деталей имеют определенный технологический маршрут обработки, который они должны пройти, в котором описана последовательность операций, а также группы станков, на которых эти операции могут быть выполнены. Кроме того, изделия могут иметь различный директивный срок выполнения, т. е. срок до которого изделие должно быть выполнено перед тем, как оно поступит на сборку.

Рассмотрев технологический процесс с разных сторон была поставлена следующая задача: определить такую последовательность запуска деталей к обработке и распределить их по станкам таким образом, чтобы выполнить заказ в срок, минимизировать время простоя оборудования.

Рассмотрим математическую постановку задачи на примере типичного технологического процесса в механизированном цеху. Пусть  $n$  – количество станков, которые задействованы в технологическом процессе;  $t_{n_j}$ ,  $t_{ф_j}$  – плановое, фактическое время





обработки  $i$ -ой детали на  $j$ -ом станке, где  $i = (1, 2, \dots, k), j = (1, 2, \dots, n); \Delta t_{np_j}$  – время простоя  $j$ -го станка. Тогда целевая функция будет иметь следующий вид:

$$F = \sum_{j=1}^n (t_{n_j} - t_{\phi_j}) = \sum_{j=1}^n \Delta t_{np_j} . \quad (1)$$

Из функции (1) видно, что время простоя на каждом станке должно быть сведено к минимуму. На эту функцию влияет ряд ограничений.

Пусть  $T_{\phi_i}, T_{\phi_i}$  – директивный и фактический сроки изготовления  $i$ -ой детали;  $N_{n_i}, N_{\phi_i}$  – необходимое и фактическое количество обработанных деталей;  $t_{lk}$  – длительность технологической операции  $k$  над деталью  $l$ ;  $m_l$  – общее количество операций над деталями, тогда все ограничения будут иметь следующий вид:

$$\begin{cases} T_{\phi_i} \geq T_{\phi_i}, & i = (1, 2, \dots, k); \\ N_{\phi_i} = N_{n_i}, & i = (1, 2, \dots, k); \\ t_{lk} < t_{lk+1}, & k = (1, 2, \dots, m_l). \end{cases} \quad (2)$$

Ограничения, описанные в (2), можно аналитически выразить следующим образом:

- изготовление детали должно быть выполнено в срок, т. е. фактический срок изготовления детали не должен превышать директивный;
- работа должна быть выполнена в полном объёме, т. е. количество фактически обработанных деталей должно быть равно необходимому;
- каждая последующая операция в технологическом маршруте для определенной детали не может быть начата, пока не закончится предыдущая операция.

Кроме этого, имеются дополнительные ограничения, которые заранее не всегда возможно учесть капитальный ремонт оборудования, плановый осмотр оборудования, отсутствие персонала.

Задача управления загрузкой оборудования сводится к подбору такой оптимальной производственной программы, которая позволит наилучшим образом использовать имеющиеся производственные мощности. Для решения задач сетевого оперативно-календарного планирования в данный момент наиболее часто употребляются следующие алгоритмы.

**Теория расписаний.** Основной задачей теории расписаний является разработка методов создания расписаний работы обслуживающих систем. Наиболее актуальны применения теории расписаний в управлении вычислительными системами, а также в календарном планировании и регулировании производственных процессов [4]. Одним из главных достоинств алгоритма является то, что оптимальное расписание может быть найдено в результате перебора конечного множества возможных вариантов, однако количество элементов конечного множества может быть очень велико.

**Метод ветвей и границ** - один из комбинаторных методов. Его суть заключается в упорядоченном переборе вариантов и рассмотрении лишь тех из них, которые оказываются по определенным признакам перспективными, и отбрасывании бесперспективных вариантов. Метод ветвей и границ состоит в следующем: множество допустимых решений (планов) некоторым способом разбивается на подмножества, каждое из которых этим же способом снова разбивается на подмножества. Процесс продолжается до тех пор, пока не получено оптимальное целочисленное решение исходной задачи [5]. Достоинством данного метода

является то, что полученное расписание возможно оценить по отношению к оптимальному. Однако эффективность данного метода зависит от качества нижних или верхних оценок.

**Диаграмма Гантта.** Данный метод планирования не теряет актуальности и в наши дни, ведь он позволяет обеспечить графическое отображение производственного плана, упрощает контроль за прогрессом в выполнении поставленных задач. График Гантта стал настолько мощным аналитическим инструментом, что практически на протяжении 100 лет не претерпевал никаких изменений. Несмотря на то, что при помощи диаграммы Гантта можно установить сроки и облегчить планирование, при неправильном использовании данный метод может отражать неполную картину. Исходя из этого можно сказать, что данный метод неприменим для оперативно-календарного планирования производственных процессов.

**Генетические алгоритмы.** Одними из современных методов оптимизации, основанных на эвристических алгоритмах, являются генетические алгоритмы. Генетический алгоритм был получен в процессе обобщения и имитации в искусственных системах таких свойств живой природы, как естественный отбор, приспособляемость к изменяющимся условиям среды, наследование потомками жизненно важных свойств от родителей и т. д. Так как алгоритм в процессе поиска использует некоторую кодировку множества параметров вместо самих параметров, то он может эффективно применяться для решения задач дискретной оптимизации, определённых как на числовых множествах, так и на конечных множествах произвольной природы [6].

Сила генетических алгоритмов в том, что этот метод очень гибок, и, будучи построенным в предположении, что об окружающей среде нам известен лишь минимум информации (как это часто бывает для сложных технических систем), алгоритм успешно справляется с широким кругом проблем, особенно в тех задачах, где не существует общеизвестных алгоритмов решения или высока степень априорной неопределенности.

## Выводы

В результате проведенных исследований была обоснована актуальность создания автоматизированной подсистемы сетевого планирования при загрузке оборудования на машиностроительном предприятии. Рассмотрены основные этапы разработки календарного плана. Проанализированы основные математические методы, используемые для оптимизации календарного плана, рассмотрены варианты их использования в решаемой задаче сетевого планирования.

## Литература

1. Тюленев Л.В. Организация и планирование машиностроительного производства: Учебное пособие / Л.В. Тюленев. – СПб: Бизнес-пресса, 2001. – 304 с.
2. Михайлова Л.В. Формирование и оперативное управление производственными системами на базе поточно-группового производства в автоматизированном режиме / Л.В. Михайлова, Ф.И. Парамонов, А.В. Чудин. – М.: ИТЦ МАТИ, 2002. – 60 с
3. Календарное планирование и оперативное управление производством и процессами. программирования [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://studfiles.net/preview/404204/page:10/#18>
4. Методы оптимизации расписаний параллельных обслуживающих систем [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=108>
5. Комбинаторные методы [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: [http://studbooks.net/2274360/informatika/kombinatornye\\_metody](http://studbooks.net/2274360/informatika/kombinatornye_metody)
6. Генетический алгоритм [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://mirznani.com/a/313173/geneticheskiy-algoritm>

УДК 004.413

## АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СЕТИ ТРАНЗАКЦИЙ УЧЕБНОЙ ПЛАТЕЖНОЙ СИСТЕМЫ

**Овчинникова Т. А.**

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»  
департамент бизнес-информатики и математического моделирования  
E-mail: [ovchinnicova\\_t@mail.ru](mailto:ovchinnicova_t@mail.ru)

### **Аннотация:**

**Овчинникова Т. А. Анализ структуры сети транзакций учебной платежной системы.** Статья посвящена анализу структуры сети транзакций учебной платежной системы, которая используется для прохождения проектного практикума студентов департамента бизнес-информатики и математического моделирования. Работа произведена согласно методологии SNA (Social Network Analysis – анализ социальных сетей). Обнаружено, что параметры сетей транзакций и параметры случайных графов Бернулли различаются более чем на 20 %.

### **Annotation:**

**Ovchinnikova T. A. Analysis of the structure of transactions network of educational payment system.** The article is devoted to the analysis of the structure of transactions network of the educational payment system, which is used to pass the project workshop of students of the Department of Business Informatics and Mathematical Modeling. The work was done according to the methodology of SNA (Social Network Analysis). It is revealed that the parameters of the transactions network and the random Bernoulli graphs parameters differ by more than 20 %.

### **Введение**

На базе департамента бизнес-информатики и математического моделирования высшей школы экономики и менеджмента уральского федерального университета (УрФУ) внедряется экспериментальная учебная платежная система (УПС) для прохождения студентами проектного практикума. Социально-экономические системы представляют интерес для анализа взаимодействия контрагентов из-за своей сложности, эмерджентности и динамичности. С конца 20 века теория сетей стала новой научной парадигмой. Узлы в сетях представляют собой элементы сложных систем, а связи между узлами – взаимодействия между элементами. Такие сети образуют основу сложных систем, а исследование свойств этих сетей дает содержательную информацию о свойствах этих систем. Высокий уровень развития алгоритмов и компьютерных программ исследования сетей сегодня позволяют сделать изучение сетей доступным и эффективным [1].

Объектом настоящего исследования является учебная платежная система, представляющая собой электронную некоммерческую площадку для студенческого обмена товарами и услугами собственного производства с помощью альтернативных средств расчета. На данной площадке пользователи размещают свои предложения и могут производить операции купли/продажи, образуя взаимодействия между элементами, где узлом считается конкретный пользователь. Основная цель данного исследования – анализ структуры сетей системы в различные периоды работы (поэтапно).

В качестве метода исследования использована SNA-методология (Social Network Analysis – Анализ социальных сетей), применяемая для анализа социальных сетей [2]. В частности, программное обеспечение UCINET со встроенным модулем NetDraw позволяет визуализировать сеть и произвести необходимые вычисления для анализа данных.

### Описание данных

Данные о структуре сети транзакций были получены из базы данных от разработчиков УПС. Необходимыми данными являлись: товары, размещенные в каталоге, список пользователей системы и произведенные транзакции. Выписки о транзакциях содержат информацию о дате платежа, ее сумме и контрагентах. Для проведения исследования были выделены три периода работы системы:

1. 01.03.2018-17.03.2018 – регистрация новых пользователей и размещение заказов.
2. 17.03.2018-17.04.2018 – активный период обмена товарами и проведение игр.
3. 17.04.2018-17.05.2018 – регистрация и начало работы фирм.

Полученная информация из базы данных была разбита по периодам, отражающим разные уровни активности пользователей, что будет наглядно демонстрировать количество связей узлов. Записи и транзакциях позволили составить три матрицы коммуникаций, которые отображают взаимодействия контрагентов, происходящие в системе. Матрица коммуникаций представляет собой таблицу с перечислением участников системы. На пересечении соответствующих строк отражается количество взаимодействий (купли/продажи) между контрагентами [3]. Такая матрица позволит произвести дальнейшие расчеты в программе UCINET всех количественных показателей, характеризующих сеть:

- $N_n$  – размер, равен числу узлов в сети (агентов, акторов);
- $N_e$  – число связей (коммуникаций);
- $D$  – плотность, определяемая как отношение числа существующих связей в сети

к числу возможных связей между узлами сети, ( $D = \frac{N_e}{N(N-1)}$  для направленной сети);

- $Sum$  – общая сумма сделок/платежей (в рублях);

- $AvrCost$  – средняя стоимость сделки в рублях ( $AvrCost = \frac{Sum}{N_e}$ );

- $N_g$  – число различных видов товаров и услуг, производимых и потребляемых в сети;

–  $Var$  – ассортимент продуктов сети, число различных товаров (услуг), приходящихся на один узел сети ( $Var = \frac{N_g}{N_n}$ ).

Полученные значения параметров приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры сети транзакций УПС

Параметр	Периоды транзакций		
	Период 1	Период 2	Период 3
Размер сети ( $N_n$ )	68	150	202
Число связей ( $N_e$ )	91	110	113
Плотность ( $D$ )	0,019	0,0125	0,0157
Общая сумма сделок/платежей, руб. ( $Sum$ )	11 115	103 199	97 269
Средняя стоимость сделки, руб. ( $AvrCost$ )	163,45	938,17	853,24
Число различных товаров в сети ( $N_g$ )	121	227	280
Ассортимент товаров ( $Var$ )	1,78	1,51	1,39

Для наглядности исследуемые сети визуализированы в виде графов на рис. 1.

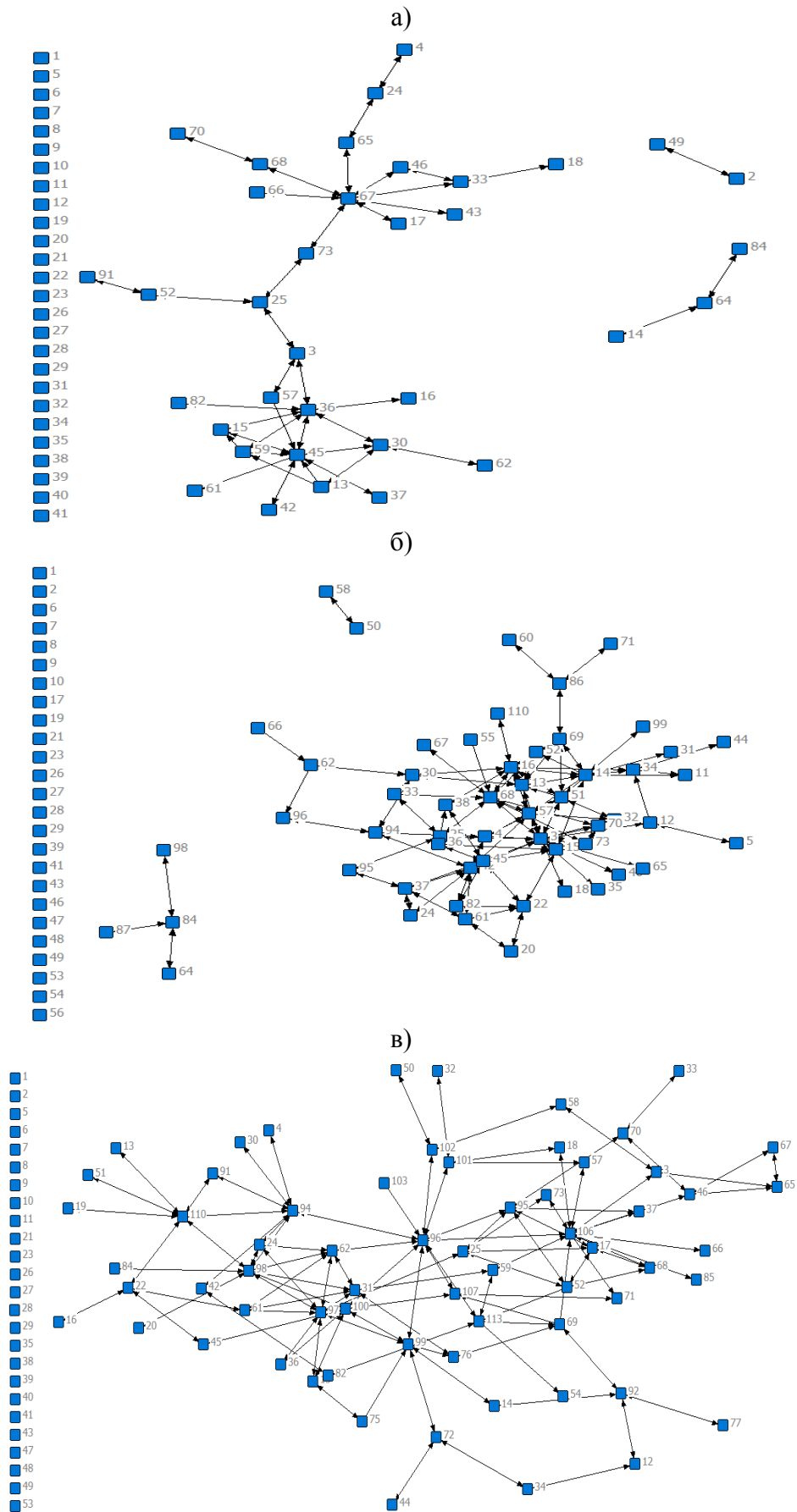


Рисунок 1 – Графы сетей по периодам: а) 01.03.2018-17.03.2018;  
б) 01.03.2018-17.04.2018; в) 01.04.2018-17.05.2018



### Расчет числовых параметров

В SNA-методологии все параметры делятся на 4 группы: параметры сети в целом, параметры эго-сетей, параметры минимальных подгрупп (диад и триад), параметры отдельных агентов. В этой работе использованы параметры сети в целом. К основным параметрам сети относятся количество узлов и дуг, плотность, диаметр, коэффициент кластеризации, коэффициент транзитивности и индексы централизации по Фриману [4].

Диаметр ( $D$ ) – это наибольшее из геодезических расстояний (минимальная длина пути, соединяющего узлы) между узлами в сети. Определяет «компактность» сети.

Сетевой коэффициент кластеризации ( $CC$ ) – это среднее значение плотностей эго-сетей всех агентов сети. Характеризует степень «связности» сети.

Для направленных сетей определяется коэффициент транзитивности ( $Tr$ ). Он показывает равновесие сети, определяя ее устойчивость и «естественность». Триада является транзитивной при выполнении условия: если есть связь от  $A$  к  $B$ , есть связь от  $B$  к  $C$ , то есть и связь от  $A$  к  $C$ . Используют 2 способа расчета:

- количество транзитивных триад / количество всех триад;
- количество транзитивных триад / количество триад, в которых отсутствует третья связь.

связь.

Вычисления производились с помощью формул, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры сети и их вычисление

№	Параметр	Формула	Пояснение
1	$D$	$D = \max_{i,j=1,\dots,n} (d(n_i, n_j))$	$d(n_i, n_j)$ – геодезический путь между $i$ -ым и $j$ -ым агентами
2	$CC$	$CC = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c_i$	$c_i$ – плотность соседства $i$ -го агента
3	$Tr$	$Tr = \frac{N_t}{N_d}$	$N_t$ – число транзитивных триад; $N_d$ – число триплетов, где есть связи от агента $n_i$ к агенту $n_j$ и от агента $n_j$ к агенту $n_k$
4	$Re$	$Re = \frac{\sum L_p}{\sum L}$	$L$ – число связных диад; $L_p$ – число взаимных связей
5	$IDCenz$	$\frac{\sum_{i=1}^n (IDC^* - IDC_i)}{\max_{i=1,\dots,n} \sum_{i=1}^n (IDC^* - IDC_i)}$	$IDC^*$ – входная центральность по степени самого центрального агента; $IDC_i$ – входная центральность по степени $i$ -го агента
6	$ODCenz$	$\frac{\sum_{i=1}^n (ODC^* - ODC_i)}{\max_{i=1,\dots,n} \sum_{i=1}^n (ODC^* - ODC_i)}$	$ODC^*$ – выходная центральность по степени самого центрального агента; $ODC_i$ – выходная центральность по степени $i$ -го агента
7	$BCenz$	$\frac{\sum_{i=1}^n (BC^* - BC_i)}{\max_{i=1,\dots,n} \sum_{i=1}^n (BC^* - BC_i)}$	$BC^*$ – центральность по посредничеству самого центрального агента; $BC_i$ – центральность по посредничеству $i$ -го агента

Коэффициент взаимности ( $Re$ ) определяется как доля связанных пар агентов (диад), имеющих взаимную связь между собой. Централизация определяет неравномерность распределения связей между данными агентами. В ориентированной сети общее число входящих/исходящих из узла связей называется его входной/выходной центральностью по степени. Центральность по посредничеству выражает, сколько кратчайших путей между всеми узлами сети проходит через определённый узел. Указывает, насколько важную роль данный узел играет на пути между другими узлами.

В данном исследовании рассмотрены три типа сетевой централизации по Фриману: входная централизация ( $IDCenz$ ), выходная централизация ( $ODCenz$ ) и централизация по посредничеству ( $BCenz$ ) [5]. Сети рассмотрены в сравнении с сетью той же размерности и плотности, основанной на случайном графе Бернулли, для выявления особенностей структуры сети транзакций. Найдены относительные отклонения для сети транзакций от графа Бернулли. Расчет отклонений произведен по формуле:

$$RD = \frac{\Delta}{BV}, \quad (1)$$

где  $\Delta = |V - BV|$ ,

$V$  – значение параметра экспериментальной сети;

$BV$  – соответствующее значение для графа Бернулли [6].

### Результаты

Полученные параметры сетей транзакций (абсолютные значения  $V$  и относительные отклонения  $RD$ ) представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Значения параметров сетей сообществ

	Период 1		Период 2		Период 3	
	$V$	$RD$	$V$	$RD$	$V$	$RD$
$D$	11	0,24	3	0,17	3	0,33
$Re$	0,875	0,41	0,848	0,34	0,917	0,18
$Tr$	0,049	0,14	0,075	0,2	0,048	0,12
$CC$	0,804	0,27	0,791	0,17	0,431	0,09
$IDCenz$	0,0044	0,42	0,0048	0,14	0,0014	0,27
$ODCenz$	0,0039	0,19	0,0048	0,11	0,0014	0,2
$BCenz$	0,195	0,37	0,326	0,21	0,694	0,35

Полученные параметры сетей транзакций показывают, что данные по периодам имеют некоторые различия. Основными отличиями для сетей транзакций являются:

- число зарегистрированных пользователей в системе, возрастающее от 1 к 3 периодам;
- число товаров, размещаемых в системе, набравшее обороты во 2 периоде;
- общее число транзакций, зависящее от активности студентов, выполняющих задания;
- резкое увеличение стоимости сделок.

Наиболее близкими к случайному графу Бернулли оказались сети 2 и 3 периодов. Максимальное относительное отклонение для них составляет не более 35 % для всех расчетных параметров, а для большинства из них лежит в интервале 12-20 %. Следует отметить, что графы сетей транзакций и случайные графы значительно различаются по своим характеристикам.



### Заключение

В качестве метода исследования использована SNA-методология.

Для визуализации сети и выполнения необходимых вычислений для анализа данных применено программное обеспечение UCINET со встроенным модулем NetDraw.

Проведенные расчеты показывают, что параметры сетей транзакций и параметры случайных графов Бернулли различаются более чем на 20 %.

Природа сетей транзакций как результат работы социально-экономической системы предусматривает гибкость и сложность коммуникаций. Один и тот же агент сети сообщества одновременно может быть и продавцом, и потребителем товаров. Также особенностью испытаний является взаимодействие контрагентов в реальной жизни, что уменьшает чистоту эксперимента.

### Литература

1. Береговая И. Б. Управление качеством и конкурентоспособностью социально-экономических систем: Учебное пособие. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. - 227 с.
2. Градосельская Г. В. Сетевые измерения в социологии: Учебное пособие / Под ред. Г. С. Батыгина. М.: Издательский дом «Новый учебник», 2004. — 248 с.
3. Берг Д. Б., Барина Д. А., Давлетбаев Р. Х. Локализация взаиморасчетов между агентами предпринимательской сети при реализации комплексного проекта // Наука, образование, общество. 2015. N 3(5), с. 11-17.
4. M. E. J. Newman. The structure and function of complex networks. SIAM Review. Vol. 45. № 2, 2003. pp. 168-256.
5. Connectivism: Learning as Network-Creation // elearnspace URL: <http://www.elearnspace.org/Articles/networks.htm> (дата обращения: 20.05.2018).
6. Зверева О. М., Давлетбаев Р. Х., Назарова Ю. Ю., Медведева М. А., Берг Д. Б. Сравнительный анализ структуры локальных предпринимательских сетей // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2016 N8 (90).

УДК 004.942

## АНАЛИЗ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Семенова А. П., Миненко А. С.

Донецкий национальный технический университет  
кафедра искусственного интеллекта и системного анализа  
E-mail: [sam\\_dntu@mail.ru](mailto:sam_dntu@mail.ru), [nastena-semenova19@rambler.ru](mailto:nastena-semenova19@rambler.ru)

### **Аннотация:**

*Семенова А. П., Миненко А. С. Анализ эмоционального состояния человека на основе математического моделирования. Работа посвящена разработке методов, моделей, алгоритмов и компьютерных средств, для моделирования и распознавания эмоциональной составляющей на фотоизображениях и трехмерных моделях лица человека.*

### **Annotation:**

*Semenova A. P., Minenko A. S. Analysis of the human emotional state based on mathematical modeling. The work is devoted to the development of methods, models, algorithms and computer tools for modeling and recognition of the emotional component on photo images and three-dimensional models of the human face.*

### **Введение**

Математические методы, компьютерные технологии для анализа и синтеза лица человека, а также его эмоций исследуются и разрабатываются в ведущих научных организациях мира, в частности, в Массачусетском технологическом институте, Оксфордском, Московском, Санкт-Петербургском университетах, др.

В Украине исследованием таких проблем занимаются в Институте кибернетики им. В. М. Глушкова НАН Украины, Киевском национальном университете им. Тараса Шевченко, ГОУ ВПО Донецкий национальный технический университет и других учреждениях. Приводится обзор теорий, которые объясняют механизмы возникновения и проявления эмоций [1-5].

### **Использование контурных моделей на базе сплайн кривых для анализа мимических проявлений эмоций**

Для анализа мимических проявлений эмоций (подразумевается формальная модель эмоций состояния человека) предлагается оригинальный подход. Главная идея состоит в том, чтобы предложить алгоритм автоматического получения гибких шаблонов контуров бровей, глаз и рта. Для построения этих шаблонов нужно разработать:

- метод, который позволяет выделить наиболее важные части лица человека, такие как: нос, брови, глаза, губы и щеки.
- алгоритм для получения точечных кривых, которые соответствуют анализируемым контурам лица;
- алгоритм для аппроксимации полученных точечных кривых с помощью сплайн кривых.

### **Формальная модель эмоций**

Для формализации эмоций, чтобы избежать двусмысленностей при их феноменологическом описании, предлагается перейти к изучению ситуаций, в которых те или иные эмоции возникают [1]. Таким образом, для классификации эмоций в наиболее общем виде описывается ситуация, в которой они возникают. Различать будем как эмоции,



так и их обозначение. Под обозначением будем иметь в виду вектор ( $E_m$ ) (то есть абстрактное понятие) со следующими признаками:

$$Em_i^n = (\xi_1, \xi_2, \xi_3), i = \overline{1,8}, \quad (1)$$

где  $\xi$  – бинарный признак, классифицирующий конкретные эмоции:

$\xi_1$  – признак, определяющий знак эмоции – позитивная (1) или негативная (0) эта эмоция. Будем считать эмоцию позитивной, если она возникает в связи с удовлетворением потребностей или достижением цели, и, соответственно, негативной – в связи с их неудовлетворением или недостижением;

$\xi_2$  – признак, определяющий время возникновения эмоции относительно действия (предвидящая (0) и констатирующая (1) эмоции). Предвидящие эмоции формируются до момента возникновения действия связанного с достижением или недостижением цели, т. е. предвидят ее;

$\xi_3$  – признак, определяющий направление конкретной эмоции. В соответствии с этим признаком выделяют эмоции, направленные на себя (1) и направленные на внешние объекты, т. е. на других людей (0).

Сокращенная функция эмоции лежит в том, что эмоции подготавливают организм к определенному событию, которое возникнет. Эмоции служат для решения определенных жизненных трудностей, сложных ситуаций. Каждая эмоция готовит человека к какому-то конкретному событию. Это событие может происходить как с внешним объектом, так и с самим человеком. Например, гнев нацелен на устранение преград, которые возникают на пути достижения цели, и, таким образом, направлен на внешний объект. Грусть подготавливает человека обходиться той целью, которую не удалось достичь, и направлена на себя.

Рассматривается задача моделирования мимических проявлений эмоций, формального описания базовых эмоций. Для поиска пространства характеристических признаков, построения базиса этого пространства, воспроизведения производных эмоциональных состояний со следующим использованием выпуклой комбинации, предлагается следующее:

– создание множества фотографических изображений, на которых актерами воссоздаются ситуации ( $\xi_1, \xi_2, \xi_3$ ), в которых возникают базовые эмоции, и описание мимики, соответствующие этим эмоциям;

– анализ полученного множества с целью выявления областей, которые содержат характеристические признаки эмоций и их описание (используя анатомические признаки и методику Facial Action Coding System);

– создание в пространстве характеристических признаков базиса для последующего описания по нему произвольных векторов мимических проявлений эмоциональных состояний (как выпуклой комбинации базисных эмоциональных состояний);

– анализ характеристических признаков и ранжирование их по степени влияния в рамках предложенного базиса.

Для анализа полученного множества фотографических изображений с целью выявления областей, которые содержат характеристические признаки эмоций, был использован подход, предложенный авторами методики FACS [1-9]. В ходе исследования, анализируя мимические проявления в разрезе зон лица, был получен 21 характеристический признак, комбинация которых образует базис мимических проявлений эмоций. То есть, мимические проявления эмоций ( $E_m$ ) были представлены в виде вектора:





$$Em_i^\eta = (\mu_1, \dots, \mu_{21}), i = \overline{1, 8}, \quad (2)$$

где  $\mu_j \in [0;1]$  – характеристический мимический признак (при  $\mu = 0$  – нет признака, а при  $\mu = 1$  влияние признака максимально).

Набор 8-ми векторов, указанных таким образом, создает базис  $(B_{ij}, \text{ где } i = 1, \dots, 21, j = 1, \dots, 8)$  – пространство мимических проявлений эмоциональных состояний.

Таким образом, произвольный вектор  $b = (\mu_1, \dots, \mu_{21})$ , полученный путем анализа изображений с каким-либо эмоциональным состоянием, можно разложить по базису  $B$  и получить описание эмоции как выпуклой комбинации:

$$x = (B^T B)^{-1} B^T b \quad (3)$$

где  $B$  – базисная матрица эмоциональных состояний;  $B^T$  – транспонирована матрица  $B$ ;  $b$  – вектор, описывающий мимическое проявление произвольного эмоционального состояния;  $x = (a_1, \dots, a_8)$ , где  $a_1$  – коэффициенты выпуклой комбинации ( $\sum a_1 = 1, a \in [0;1]$ ) для каждой из 8-ми базовых эмоций.

Так как мимически невозможно определить источник происхождения эмоций ( $\eta$ ), получаем следующее множество из 21-й эмоции, которую можно определить предложенными способами.

#### **Использование методов сплайн-аппроксимации для моделирования биологических объектов**

Для выделения характерных признаков черт лица в статье предложено использовать модели, которые задаются с помощью неравномерных рациональных базисных сплайнов кривых.

Рассмотрим сплайн кривые. Допустим, что задан массив опорных точек  $p_0, \dots, p_m$ . Необходимо найти функцию  $p(u) = [x(u), y(u), z(u)]^T$ , обозначенную на интервале  $u_{\min} \leq u \leq u_{\max}$ , такую, чтобы она была достаточно гладкой и проходила, в определенном смысле, около опорных точек.

Допустим, что есть последовательность узлов  $u_0, u_1, \dots, u_n$ , такая что:

$$u_{\min} = u_0 \leq u_1 \leq \dots \leq u_n = u_{\max}. \quad (4)$$

При использовании аппроксимации сплайнами функция  $p(u)$  имеет вид полинома степени  $d$  на интервале между соседними узлами:

$$p(u) = \sum_{j=0}^d c_{jk} u^j, u_k < u < u_{k+1}. \quad (5)$$

Таким образом, чтобы найти сплайн степени  $d$  необходимо будет найти  $n(d+1)$  трёхмерный вектор-коэффициентов  $c_{jk}$ . Необходимые для этого уравнения можно получить, рассматривая разного рода ограничения, которые связаны с непрерывностью функции и критерием близости к опорным точкам. Такой подход к формированию сплайна является глобальным: необходимо решить систему из  $n(d+1)$  уравнений относительно  $n(d+1)$  неизвестных, а значит, каждый полученный коэффициент будет зависеть от всех опорных точек. Хотя такая методика определения коэффициентов сплайна может обеспечить получение гладкой кривой, которая проходит через все заданные опорные точки,



она не очень хорошо согласовывается со спецификой задач, решаемых компьютерной графикой.

Подход, выбранный для формирования В-сплайнов, состоит в том, чтобы обозначить сплайн в терминах базисных функций, каждая из которых отлична от нуля только на интервале в несколько узлов. Итак, можно записать функцию  $p(u)$  в виде:

$$p(u) = \sum_{i=0}^m B_{id}(u) p_i, \quad (6)$$

где каждая функция  $B_{id}(u)$  является полиномом степени  $d$  на интервале в несколько узлов и равна нулю за пределами этого интервала. Существует много способов обозначения базисных функций, но особенное место принадлежит одному из них – методу рекурсивных функций Кокса-де Бура [4]:

$$B_{k,0} = \begin{cases} 1, & \text{если } u_k \leq u \leq u_{k+1} \\ 0 & \text{иначе} \end{cases} \quad (7)$$

$$B_{k,d} = \frac{u - u_k}{u_{k+1} - u_k} B_{k,d-1}(u) + \frac{u_{k+1} - u}{u_{k+d+1} - u_{k+1}} B_{k+1,d-1}(u) \quad (8)$$

### Выводы

В работе разработан и реализован алгоритм, который позволяет решить задачу моделирования и распознавания мимических проявлений эмоциональных состояний. Анализ полученных результатов дает основание сделать такой вывод: создан алгоритм, который реализует целостную информационную технологию для моделирования и распознавания мимических проявлений эмоционального состояния на лице человека.

### Литература

1. Ильин, Е. П. Эмоции и чувства / Ильин Е. П. – СПб: Питер, 2001. – 752 с.
2. Джемс, У. Психология / Джемс У. – М.: Педагогика, 1991 – 368 с.
3. Ланге, Г. Душевные движения / Ланге Г. – СПб.: Питер, 1996. – 180 с.
4. C. De Boor A Practical Guide to Splines / De Boor C. – New York: Springer-Verlag, 1978. – 392p.
5. Friesen, W. EMFACS-7: Emotional Facial Action Coding System. Unpublished manual / W. Frisen, P. Ekman. – California: University of California, 1983.
6. Ekman, P. Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement / P. Ekman, W. Friesen. – Consulting Psychologists Press, Palo Alto, 1978.
7. Кривонос, Ю. Г. Моделирование и анализ мимических проявлений эмоций / Ю. Г. Кривонос, Ю. В. Крак, Г. М. Ефимов // Доповіди НАНУ. – 2008. – №12. – С. 51-55.
8. Миненко, А. С. Аналитичность свободной границы в одной задаче осесимметричного течения / А. С. Миненко // Укр. мат. журнал. - 1998. - №12. - С. 1693-1700.
9. Миненко, А. С. Проблема минимума одного класса интегральных функционалов с неизвестной областью интегрирования / А. С. Миненко // Мат. физика и нелинейная механика. – 1993. – Вып. 16. – С. 48-52
10. Миненко, А. С. Вариационные задачи со свободной границей / Миненко А. С. – Киев: Наукова думка, 2005. – 354 с.

УДК 338.312

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ БАЗИС И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РИСКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА СТРУКТУРУ ПОРТФЕЛЯ ИТ-ПРОЕКТОВ КОМПАНИИ

Лапшина С. Н.\*, Лавриненко Т. В.\*, Коломыцева А. О.\*\*

\* Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»

\*\* Донецкий национальный технический университет

кафедра экономической кибернетики

E\_mail: [lavrinenko-94@mail.ua](mailto:lavrinenko-94@mail.ua)

### **Аннотация:**

*Лапшина С. Н., Лавриненко Т. В., Коломыцева А. О. Аналитический базис и оценка влияния риска взаимодействия на структуру портфеля ИТ-проектов компании. В статье рассматривается взаимосвязь бизнес и ИТ-стратегий компании. Основной упор сделан на учет рисков взаимодействия. Разработана методика синхронизации ИТ и бизнес-стратегий с учетом рисков взаимодействия. Проведена количественная оценка уровня эффективности портфеля ИТ-стратегий с учетом рисков взаимодействия, на основании которой представлена графическая визуализация результатов факторного многовекторного анализа в системе управления рисками взаимодействия участников ИТ-проекта.*

### **Annotation:**

*Lapshina S. N., Lavrinenko T. V., Kolomytseva A. O. Analytical basis and assessment of the impact of interaction risk on the structure of the company's IT portfolio. The article examines the relationship between the company's business and IT strategies. The main emphasis is on taking into account the risks of interaction. A methodology for synchronizing IT and business strategies with regard to interaction risks was developed. The quantitative assessment of the effectiveness level of the IT strategy portfolio taking into account the interaction risks, based on which the graphic visualization of the results of factorial multi-vector analysis in the system of risk management of the participants in the IT project is presented.*

### **Постановка проблемы**

Процесс управления рисками можно назвать актуальным и необходимым для реализации успешных ИТ-проектов. В условиях развивающегося рынка и спроса на ИТ-услуги, их поставщики должны обеспечивать высочайшее качество услуг, которое они могут контролировать только учитывая и анализируя все возможные риски.

### **Исследования**

В основе управления бизнесом лежит разработка стратегии, ее адаптация к специфике компании и реализация [1].

ИТ-стратегия и бизнес-стратегия компании являются взаимодополняющими и неотъемлемыми друг от друга. Для формирования корпоративного портфеля ИТ-стратегий требуются оба компонента.

На рис.1 изображена методика синхронизации корпоративного портфеля ИТ и бизнес-стратегии с учетом факторов и рисков взаимодействия тех, кто разрабатывает и внедряет ИТ-стратегии.



Рисунок 1 – Методика синхронизации корпоративного портфеля ИТ и бизнес-стратегий в условиях учета фактора риска взаимодействия

Управление рисками в корпорации является тщательно планируемым процессом. Процесс управления рисками должен рассматриваться не как отдельно стоящая задача, требующая решения, а как системная задача изменения общей корпоративной системы управления. Целью управления рисками, в конечном счете, является повышение эффективности бизнеса за счет контроля деятельности компании и максимальная отдача от используемой методики. Учет рисков взаимодействия – это учет случайных факторов, которые неизбежно возникают на всех стадиях информатизации процессов управления: от разработки ИТ-проекта до анализа эффективности после его внедрения [2].

В модели корпоративного анализа эффективности бизнес-стратегии подразумевается наличие такой структуры, которая обеспечит правильную постановку общих целей существования организации, источников достижения поставленных целей, а также реализацию контроля данного процесса.

Основой для формирования ИТ-стратегии является бизнес-стратегия компании. Однако, в пределах концепции задач оптимизации портфеля ИТ-стратегий необходим синтез инструментов традиционных ИТ-проектов и оценки их результативности с учетом влияния рисков взаимодействия, в частности путем оценки эффективности взаимодействия в рамках корпоративного портфеля ИТ-стратегий [3].

Степень доминирования корпоративного портфеля ИТ-стратегий должна характеризоваться показателем интегральной природы – уровень эффективности учета рисков взаимодействия  $L_{ei}^{mbs}$  как решающая предпосылка достижения предприятием требуемого уровня устойчивости системы  $St^{mbs}$ , соответствия ресурсных параметров условиям и эффективности портфеля ИТ-стратегий  $R^{ms}$ , силы влияния риска  $Ac^{lc}$ , уровня эффективности реализуемой ИТ-стратегии  $I_p^{lc}$ .

Уровень эффективности портфеля ИТ-стратегий с учетом рисков взаимодействия можно оценить зависимостью вида:

$$L_{ei}^{mbs} = f(St^{mbs}, R^{ms}, Ac^{lc}, I_p^{lc}). \quad (1)$$

Распределив данные значения по осям X, Y, Z в среде программного обеспечения MatLab, можно отобразить графическую визуализацию результатов факторного многовекторного анализа в системе управления рисками взаимодействия участников ИТ-проекта.

На рис. 2 показана графическая визуализация результатов факторного многовекторного анализа элементов в системе управления рисками взаимодействия участников ИТ-проектов.

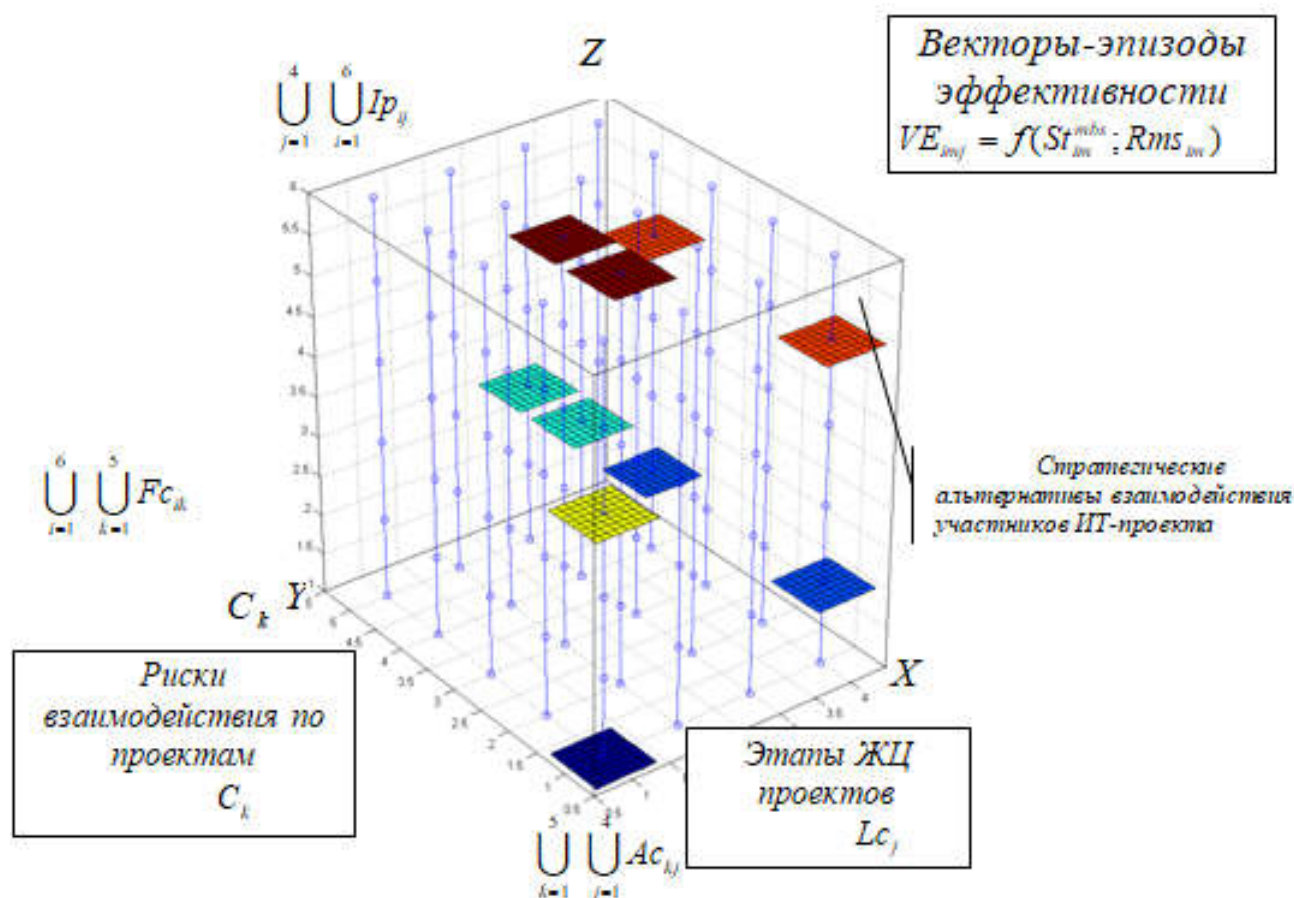


Рисунок 2 – Графическая визуализация результатов факторного многовекторного анализа элементов в системе управления рисками взаимодействия участников ИТ-проектов

### Выводы

Таким образом, количественная оценка уровня эффективности портфеля ИТ-стратегий с учетом рисков взаимодействия позволяет вести целенаправленный поиск наиболее предпочтительных вариантов создания и поддержания на всех этапах жизненного цикла организации благоприятных предпосылок для выбора и реализации бизнес и ИТ-стратегий при формировании корпоративного портфеля ИТ-стратегий.

### Литература

1. Корпоративная стратегия. - М.: Юнайтед Пресс, 2012. - 272 с.
2. Лобанова, Е. Н. Финансовое обоснование стратегических решений в российских корпорациях / Е. Н. Лобанова, В. П. Паламарчук, В. Б. Минасян. - М.: Издательский дом "Дело" РАНХиГС, 2014. - 516 с.
3. A. Kolomytseva Interaction Risk Assessment in Partner Entrepreneurial Networks / A. Kolomytseva // 15<sup>th</sup> International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics, (ICNAAM 2017) 25-30 September 2017 / A. Kolomytseva, H. Kazakova, M. Medvedeva – 2017.
4. Graham, Haughton Regions, Spatial Strategies and Sustainable Development (Regional Development and Public Policy.) / Graham Haughton. - Москва: Мир, 2014. - 264 с.



УДК 004.89, 004.273

## АРХИТЕКТУРА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙНА

**Матвеев М. О., Гудаев О. А.**

Донецкий национальный технический университет  
кафедра искусственного интеллекта и системного анализа

E-mail: [max\\_mat@inbox.ru](mailto:max_mat@inbox.ru)

### **Аннотация:**

*Матвеев М. О., Гудаев О. А. Архитектура искусственного интеллекта на базе технологии блокчейна. Рассмотрена модель управления потоками знаний в конкретной имитации искусственного интеллекта, управляемого технологией блокчейн. Определены компоненты распределенной системы искусственного интеллекта, защищенного от несанкционированного доступа.*

### **Annotation:**

*Matveev M. O., Gudaev O. A. Architecture of artificial intelligence based on blockchain technology. A model of knowledge flow control in a specific imitation of artificial intelligence, controlled by blockchain technology, is considered. The components of the distributed artificial intelligence system, protected from unscanned access.*

### **Общая постановка проблемы**

Разработать модель безопасного взаимодействия искусственного интеллекта (ИИ) на основе блокчейн. Предложить компоненты и архитектуру управления с помощью блокчейна.

### **Анализ существующих систем искусственного интеллекта на базе блокчейна**

Совмещение технологии Блокчейна с искусственным интеллектом даст возможность ускорить анализ огромных объемов данных без дополнительных затрат. Объединение данных технологий может означать начало совершенно новой парадигмы [4].

Данная технология может максимизировать безопасность, оставаясь незаметной, используя интеллектуальные агенты, которые управляют цепочкой знаний. С увеличением количества компаний и учреждений, использующих решения на основе блокчейна, а также более сложные, потенциально важные данные, хранящиеся в распределенных книгах, возрастает потребность в сложных методах анализа, которые могут предоставить технологии ИИ.

Компания State Street делает именно это, выдавая индексы на основе блокчейнов. Данные хранятся и защищаются с помощью блокчейна, и они используют ИИ для анализа данных, пока они остаются в безопасности. Компания State Street сообщает, что 64 % опрошенных компаний по управлению активами ожидали, что их фирмы будут применять блокчейн в ближайшие пять лет. Кроме того, 49 % фирм заявили, что ожидают использования ИИ. По состоянию на январь 2018 г. State Street имеет в распоряжении 10 контрактов на блокчейн.

Компания IBM Watson также объединяет блокчейн с ИИ через группу Watson IoT. В этом случае искусственно интеллектуальный блокчейн позволяет совместным сторонам коллективно соглашаться с состоянием устройства и принимать решения о том, что делать на основе языка OWL, закодированного в смарт-контракте. Используя технологию блокчейна, искусственно интеллектуальные программные решения реализуются автономно. Управление рисками и самодиагностика – это другие используемые варианты использования технологии [2, 3]. ИИ сочетается с технологиями блокчейн для безопасного анализа данных



и для прогнозирования. Blockchain с ИИ уже предлагается как услуга крупным облачным провайдерам, включая IBM и Microsoft. В будущем почти каждая транзакция может быть запущена по технологии блокчейна. Множество экономических, правовых, нормативных и технологических препятствий необходимо преодолеть, прежде чем мы увидим широкое внедрение технологии блокчейна, но первое программное ядро совершает невероятные успехи. В течение ближайших нескольких лет большие облака знаний могут начать работать на фундаменте блокчейна [4].

### Компоненты блокчейна для взаимодействия агентов с ИИ

Блокчейн – это распределенная база данных, у которой устройства хранения данных не подключены к общему серверу. База данных содержит в себе постоянно растущий список упорядоченных записей, которые принято называть блоками.

Каждый такой блок содержит в себе метку времени, а также ссылку на предыдущий блок. Важным является то, что блок добавляется строго в конец цепочки. Как только он будет проверен майнерами, реестр обновляется и прикрепленный блок более не изменить.

Главным преимуществом блокчейн является то, что база не хранится в одном месте. Она распределена среди множества компьютеров во всем мире (см. рис. 1). Это делает систему практически неуязвимой, поскольку попытка изменения какого-либо блока приведет к тому, что испорченный блок будет моментально восстановлен из актуальной базы других участников системы.

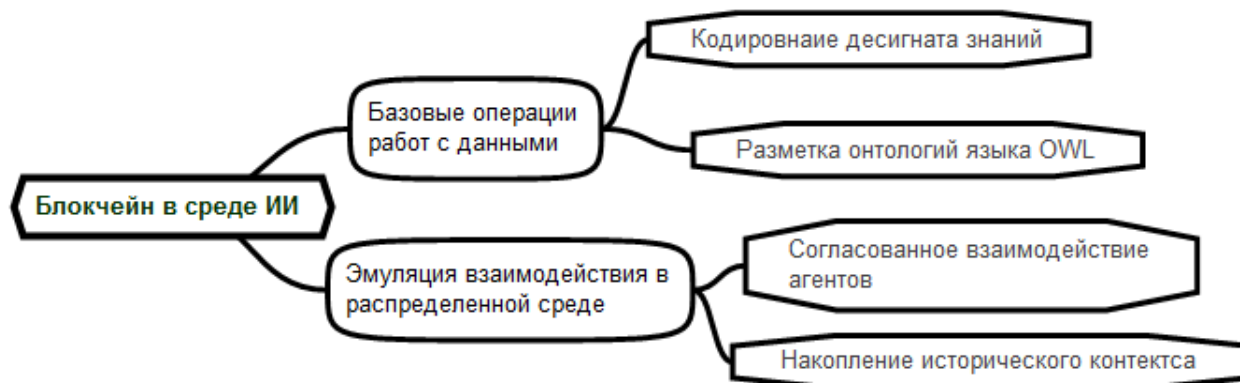


Рисунок 1 – Интеллектуальная карта блокчейна в среде ИИ

Система является полностью прозрачной, поскольку любой пользователь имеет свободный доступ к актуальной базе реестра [1].

Как видно на рис. 1, главными идеями блокчейна в среде искусственного интеллекта являются базовые операции работ с данными, в них входят:

- кодирование десигната знаний и разметка онтологий языка OWL;
- эмуляция взаимодействия в распределенной среде, что подразумевает собой согласованное взаимодействие агентов ИИ;
- накопление исторического контекста.

В целом данная технология позволяет хранить данные на новом уровне шифрования и передавать их без потерь. Любой тип знаний может быть осуществлен с использованием блокчейн в полностью децентрализованной системе.

На блокчейне доверие создается не мощными посредниками, как банки, правительства и технологические компании, а благодаря массовому сотрудничеству и умному кодексу.

### Архитектура и модель ИИ совместная с блокчейном

Из диаграммы компонентов (рис. 2) можно увидеть работу технологии блокчейна совместно с искусственным интеллектом.

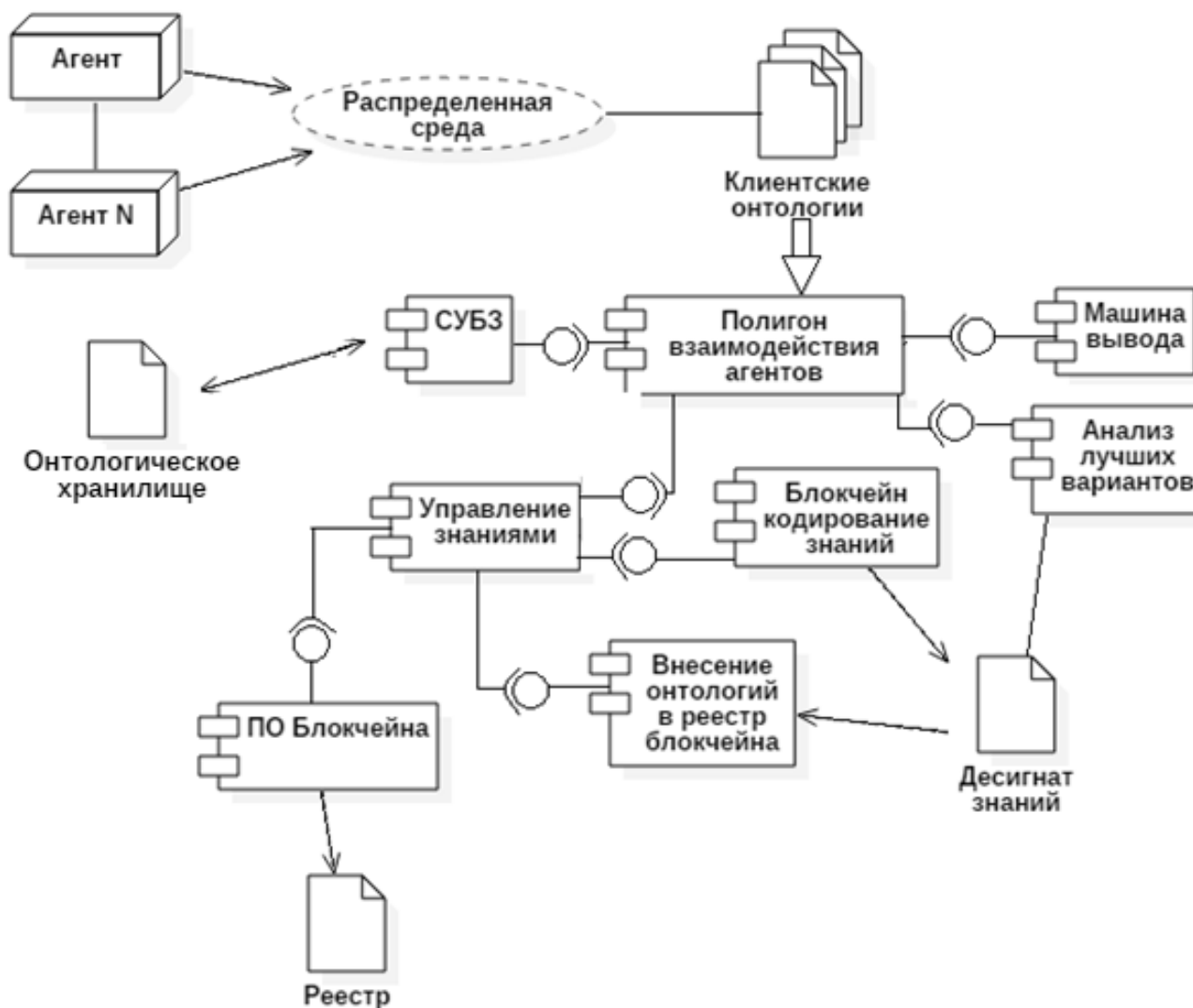


Рисунок 2 – Диаграмма компонентов архитектуры ИИ с блокчейном

Блокчейн играет в искусственном интеллекте роль аппарата большой вычислительной мощности, с помощью которого шифрование данных и их анализ для развития ИИ происходит на более высоком уровне.

Интеллектуальные агенты обрабатывают информацию в распределённой среде и хранятся в клиентских онтологиях для разделения мощности. Далее на полигоне взаимодействия агентов онтологии передаются в систему управления знаниями. Далее блокчейн кодирует знания и через десигнат анализирует лучший вариант, который в последствии вносится в реестр онтологий блокчейна через программное обеспечение. После формализации знаний на полигоне взаимодействия агентов информация помещается в систему управления баз знаний и обрабатывается для хранения в онтологическом хранилище, для последующего вызова информации на машину вывода.



### **Выводы**

Исследованы уровни архитектуры взаимодействия технологии блокчейна с искусственным интеллектом. Предложена модель взаимодействия агентов ИИ на базе блокчейна. Рассмотрена архитектура распределения ИИ управляемого технологией блокчейн.

### **Литература**

1. Омельченко, Д. А. Технология блокчейн прошлое, настоящее, будущее [Текст] / Д. А. Омельченко, К. А. Ковалева, // Сб. ст. между. конф. «Проблемы и перспективы в международном трансфере инновационных технологий». – Уфа: ООО «АМИ», 2018. - С. 149-152.
2. Купцева, В. В. Информационные системы в экономике с применением блокчейна [Текст] / В. В. Купцева // Сб. ст. Аллея науки. – Поволжск: Издательский центр «Quantum», 2018. - С. 882-865.
3. Болотова, Л. С. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях [Текст] / Л. С. Болотова //учебник «Финансы и статистика». – Москва: ООО «Литсвет», 2015. - С. 411-419.
4. Курейчик, В. М. Параллельный генетический алгоритм. Модели и проблемы построения [Текст] / В. М. Курейчик, Д. С. Кныш // Сб. науч. ст. V Междунар. науч.-практ. Конф. «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» - Москва: «Физматлит», 2016. - С. 41 - 51.

УДК 007.51

## ГРАФОВАЯ МОДЕЛЬ РАЗРАБОТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РАСПИСАНИЯ ВАГОННОГО ДЕПО

Азоркин К. С.\*, Савкова Е. О.\*, Жданов Е. В.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления

\*\* Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Севастопольский государственный университет»

Email: [azorkink@mail.ru](mailto:azorkink@mail.ru)

### **Аннотация:**

*Азоркин К. С., Савкова Е. О., Жданов Е. В. Графовая модель разработки производственного расписания вагонного депо. Сформулирована проблема распределения работ в вагонном депо по работникам, создана математическая модель и на её основании, предложена графовая модель формирования производственного расписания вагонного депо.*

### **Annotation:**

*Azorkin K. S., Savkova E. O., Zhdanov E. V. A graph model for the development of a production schedule for a wagon depot. The problem of distribution of works in the wagon depot for employees is formulated, a mathematical model is created and on its basis, a graph model of the production schedule of the car depot is proposed.*

### **Постановка проблемы**

Все организационные и технологические решения в распределении работ на предприятиях должны приниматься оперативно. Причём неоптимальные решения значительно снижают эффективность построения расписаний работы производственного участка. Абсолютно такая же ситуация наблюдается и в депо по ремонту вагонов.

Однако, до сих пор мало изучено движение рабочих непосредственно в производственной среде (на производственном участке) в соответствии с технологическим маршрутом в реальном масштабе времени. Особенно актуальной задачей является построение оптимальных расписаний работы для работников вагонного депо в соответствии с технологическим маршрутом [1].

В связи с возникшими проблемами поставлена следующая основная задача: оптимизировать распределение работ по работникам.

### **Распределение работ по рабочим**

Разрабатываемый алгоритм должен эффективно распределять трудовые ресурсы ремонтного депо и увеличить его производительность. Задача распределения необходимых работ по ремонту вагонов среди работников относится к задачам оперативно-календарного планирования.

Большинство разработанных до настоящего времени методик оперативно-календарного планирования основано на упрощенных моделях, что снижает их точность, или эти методики применяются лишь для определенных специфических условий. Также значительную сложность представляет проблема оценки качества получаемых расписаний. Анализ современных работ по комбинаторной оптимизации на графах (особенно динамических задач) показывает, что одним из самых перспективных подходов является использование муравьиных алгоритмов [2]. Этот подход позволяет существенно улучшить систему оперативного планирования, тем самым, сократив время построения оптимальных или приемлемых производственных расписаний.



### Математическая модель

Для оперативного планирования распределения работ технологический процесс разделяется на технологические операции. Допустим, что на данном производственном участке ремонтируется  $n$  вагонов  $d_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Обозначим некоторую произвольную операцию, которую необходимо выполнить над вагоном  $d_i$ , через  $O_{ij}$  ( $j = 1, 2, \dots, m_i$ ), где  $m_i$  – общее количество операций, которые необходимо выполнить для ремонта вагона  $d_i$ . Под технологическим маршрутом работника обычно понимают порядок выполнения им работы над вагоном или же последовательность выполняемых операций:

$$M_i = (O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{imi}) \quad (1)$$

При последовательном выполнении операций предусматривается их строгая упорядоченность в технологическом маршруте. Однако можно допустить, и это часто соответствует действительности, что порядок выполнения операций изменяется (не является строгим), то есть упорядоченность выполнения операций частична. При этом необходимо учитывать следующие ограничения:

1. Ограничения по срокам изготовления:

$$T_{nl} \leq T_{\phi}, \quad (2)$$

где  $T_{\phi}$  – фактический срок ремонта вагона  $d_i$ ;  
 $T_{nl}$  – плановый срок ремонта вагона  $d_i$ .

2. Ограничения по объемам изготовления:

$$N_{nl} = N_{\phi}, \quad (3)$$

где  $N_{\phi}$  – фактическое отремонтированное количество вагонов;  
 $N_{nl}$  – заданное в производственной программе количество вагонов.

Задача оперативного планирования расписания работ заключается в том, чтобы для производственного участка с заданными технологическими маршрутами ремонта вагонов составить некоторое расписание, удовлетворяющее сформулированным условиям, которое представляется в виде последовательности чисел  $t_{ij}$  – моментов начала выполнения технологических операций  $O_{ij}$ .

Расписание работ может быть представлено в виде графовой модели  $G(i)$  [3].

Очевидно, что существует бесчисленное множество графов, которые удовлетворяют сформулированным условиям и ограничениям. Таким образом, необходимо построить наилучшую графовую модель в соответствии с избранным критерием:

$$T_{opt} = T_{nl} - T_{\phi} \rightarrow \min. \quad (4)$$

Для решения задачи составления оптимального расписания зададимся некоторой числовой функцией  $F$  (функцией-критерием), определенной на всех графах  $G(i)$ , что ставит в соответствие каждому графу  $G$  определенное число  $F(G)$ . При этом наилучшему графу должен соответствовать экстремум функции  $F$ . Таким образом, задача сводится к тому, чтобы построить граф, который удовлетворяет всем сформулированным в задании условиям и ограничениям, на котором функция  $F(G)$  достигнет своего экстремального значения:

$$F(G) = \text{extr } F(G). \quad (5)$$



### Графовая модель

Графовая модель состоит из множества узлов и ориентированных дуг, соединяющих узлы. При графовом представлении необходимых работ (рис. 1) узлы выступают в качестве необходимых технологических процессов, которые нужно провести над вагоном, а дуги показывают направление движения работников для выполнения работ по ремонту узлов вагона.

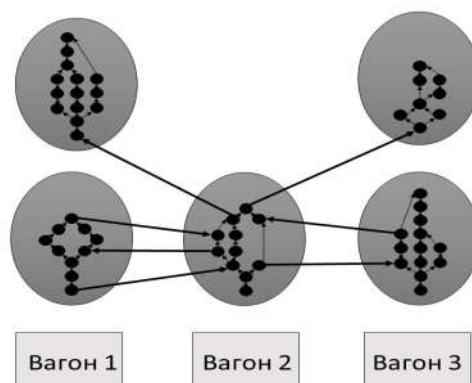


Рисунок 1 – Графовое представление работ в вагонном депо

Следует отметить, что графовая модель не является структурной (функциональной) схемой реального депо. В зависимости от поставленной задачи и исследуемой функции изменяется число узлов в графе, их состав и связи между ними.

Исходный узел графа определяет начало выполнения плана (стартовую точку), в которую помещаются муравьи, в количестве равном числу рабочих на производственном участке. Остальные вершины графа соответствуют отдельной технологической операции  $O_{ij}$  (согласно технологической карте). Каждый узел  $O_{ij}$  однозначно определяется параметрами:

$$O_{ij} = (K_{min}, K_{opt}, Tv_{ij}, Tn_{ij}, N_{ij}, Pr, D, Kv), \quad (6)$$

где  $K_{min}$  – минимальное количество рабочих, необходимых для выполнения технологической операции  $O_{ij}$ ;

$K_{opt}$  – оптимальное количество рабочих, необходимых для выполнения технологической операции  $O_{ij}$ ;

$Tv_{ij}$  – время выполнения технологической операции  $O_{ij}$ ;

$Tn_{ij}$  – время подготовки рабочего для выполнения технологической операции  $O_{ij}$ ;

$N_{ij}$  – номер рабочего, выполняющего работу  $O_{ij}$ ;

$Pr$  – приоритет технологической операции  $O_{ij}$ ;

$D$  – доступность технологической операции  $O_{ij}$ ;

$Kv$  – квалификация рабочего, необходимая для выполнения технологической операции  $O_{ij}$ .

Таким образом, узел графовой модели – это условное обозначение выполняемой технологической операции в рамках конкретной работы, а ребро отображает последовательный переход от одной технологической операции к другой (тонкой линией отображены переходы от одной технологической операции к другой в рамках одной работы, а жирной – множество возможных переходов между работами).

При этом муравьи обладают рядом характеристик:

$$M_{ij} = (Kv, T, W, Ts, Tf), \quad (7)$$

где  $Kv$  – квалификация муравья (рабочего);

$T$  – количество времени, которое муравей (рабочий) затратит на выполнение всех работ в рамках одной смены;

$W$  – список работ, которые муравью (рабочему) нужно выполнить за смену;

$T_s$  – список времени, который содержит фактическое начало выполнения каждой работы из списка  $W$  в рамках рабочей смены;

$T_f$  – список времени, который содержит фактическое завершения каждой работы из списка  $W$  в рамках рабочей смены.

Рассмотрим детальнее процесс функционирования распределения работников по работам в рамках графовой модели. Как уже упоминалось, узлы представляют собой технологические процессы, которые на рис. 1 представлены черными точками. Путь, по которому могут перемещаться работники, двигающиеся по графу в поисках подходящей для себя работы отмечен тонкими и жирными стрелками. В рамках выполнения одной работы используется направленный граф, и работники могут двигаться только вперед, в то время как переходы между работами могут осуществляться в произвольном порядке.

Работники, двигаясь по графу, останавливаются на подходящем им технологическом процессе (черной точке), тем самым начиная выполнение технологического процесса, и блокируя доступ остальных работников к нему. В процессе этого работник считается занятым и не ищет другой узел (технологический процесс), пока не закончит текущую работу. Закончив работу, работник волен переместиться на другой технологический процесс, который ему подходит. Такие действия будут совершаться до тех пор, пока работник не наберет себе достаточное количество работ, сумма времени выполнения которых не больше времени одной смены рабочего, которая равна 8 рабочим часам или 480 минутам. Таким образом, самым оптимальным набором работ будет считаться тот, сумма времени выполнения которых будет приближаться к значению 480 минут или быть равной ему.

После прохождения графа всеми муравьями, система должна проверить их показатели, и в случае удовлетворения всем требованиям вывести сформированные списки работ пользователю, который принимает решение о принятии данных работ или о перезапуске алгоритма с обновленными параметрами (например, с измененными параметрами  $Pr$  узлов графа  $O_{ij}$  (6)).

Таким образом, с помощью задействования теории графов и муравьиных алгоритмов происходит распределение работников по работам, что позволит оптимизировать работу ремонтного депо и увеличить его эффективность.

## Выводы

В рамках данной статьи сформулирована постановка проблемы распределения работ по работникам вагонного депо, создана математическая модель и на её основании предложена графовая модель разработки производственного расписания вагонного депо. Для поиска оптимальной графовой модели, для которой будет предложено расписание, предложено использование муравьиного алгоритма.

## Литература

1. Технологический маршрут [электронный ресурс] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: URL: [https://studopedia.ru/11\\_75488\\_tehnologicheskiy-marshrut.html](https://studopedia.ru/11_75488_tehnologicheskiy-marshrut.html) – Загл. с экрана.
2. Ченгарь О. В., Скобцов Ю. О., Секирин А. И. Анализ методов, моделей, алгоритмов оперативного планирования работы производственного участка. Издание 18 (169), 2010. – с133-140
3. Большая энциклопедия нефти и газа [электронный ресурс] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: URL: <http://www.ngpedia.ru/id160302p1.html> – Загл. с экрана.



УДК 514.112.4

## ЗАДАЧИ ПО ГЕОМЕТРИИ НА ТЕМУ: НАХОЖДЕНИЕ ТОЧЕК ПЛОСКОСТИ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА РАЦИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ ОТ ВЕРШИН ТРЕУГОЛЬНИКА

Свентковский В. А.

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

E-mail: [Vladimirsventkovskiy@gmail.com](mailto:Vladimirsventkovskiy@gmail.com)

### **Аннотация:**

*Свентковский В. А. Задачи по геометрии на тему: нахождение точек плоскости, расположенных на рациональных расстояниях от вершин треугольника. Доказано, что на продолжении сторон треугольника с рациональными сторонами, а также на продолжении высоты, если треугольник равнобедренный, для любой выбранной точки на сколь угодно малом расстоянии найдется точка с рациональными расстояниями до вершин треугольника. Внутри любого треугольника с рациональными сторонами и площадью точка пересечения высот и центр описанной окружности находятся на рациональных расстояниях от вершин. Приводятся примеры неравнобедренных треугольников с рациональными сторонами и иррациональной площадью таких, что точка пересечения медиан находится на рациональных расстояниях до вершин. Формулируется общая проблема: существует ли треугольник с рациональными сторонами и иррациональной площадью такой, что строго внутри него нет точки, у которой все расстояния до вершин рациональны?*

### **Annotation:**

*Sventkowski V. A. Geometry problems on the topic: finding points in the plane located at rational distances from the vertices of the triangle. It is proved that on the extension of the sides of the triangle with rational sides, and also on the extension of the height, if the triangle is isosceles, for any chosen point at an arbitrarily small distance there is a point with rational distances to the vertices of the triangle. Inside any triangle with rational sides and area, the point of intersection of the heights and the center of the circumscribed circle are at rational distances from the vertices. Examples of non-isosceles triangles with rational sides and irrational area are given, in which the intersection point of the medians is at rational distances to the vertices. A general problem is formulated: is there a triangle with rational sides and an irrational area, strictly inside of which there is no point having only rational distances to the vertices of the triangle?*

Пусть дан треугольник, у которого длины всех сторон – рациональные числа. Докажем, что на продолжениях его сторон точки с рациональными расстояниями до вершин треугольника образуют всюду плотное подмножество.

**Теорема 1.** Пусть у треугольника  $ABC$  с рациональными длинами сторон на продолжении одной из сторон взята точка  $D$  (рис. 1). Тогда для любого  $\varepsilon > 0$  на этом продолжении найдется такая точка  $D_0$  с рациональными расстояниями до вершин треугольника, что  $DD_0 < \varepsilon$ .

*Доказательство.* Пусть  $BH$  – высота треугольника  $ABC$ . Обозначим:  $BD = y$ ,  $HD = x$ ,  $BH = h$ . По теореме Пифагора  $y^2 - x^2 = h^2 = const$  для любой точки  $D$  на продолжении  $AC$ . Покажем, что  $h^2$  рационально. По теореме косинусов  $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$ . Отсюда  $\cos A$  рационально, поскольку  $a, b, c$  рациональны по условию теоремы. Аналогично  $\cos B, \cos C$  тоже рациональны. Поэтому  $AH = c \cos A$  рационально. Отсюда по теореме Пифагора  $h^2 = c^2 - AH^2$  – рационально.

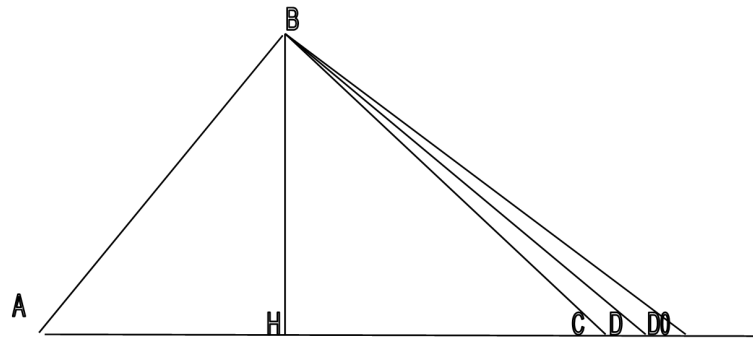


Рисунок 1 – Графическая интерпретация теоремы 1

Полагая  $y - x = t$ , получаем  $y + x = \frac{h^2}{t}$ . Тогда  $t$  является решением системы

$$\begin{cases} y - x = t, \\ y + x = \frac{h^2}{t}. \end{cases}$$

Решив систему, получим:

$$\begin{cases} y = \frac{\frac{h^2}{t} + t}{2}, \\ x = \frac{\frac{h^2}{t} - t}{2}. \end{cases}$$

Функции, стоящие в правой части этой системы, непрерывны при любом  $t > 0$ . Выбирая  $t_0$  рациональным, отличным от  $t$  сколь угодно близко к  $t$ , получаем по формулам системы

$$\begin{cases} y_0 = \frac{t_0 + \frac{h^2}{t_0}}{2}, \\ x_0 = \frac{\frac{h^2}{t_0} - t_0}{2}. \end{cases}$$

Здесь  $x_0, y_0$  можно считать рациональными числами, сколь угодно близкими к  $x, y$  соответственно. То есть можно обеспечить неравенство  $DD_0 = |x - x_0| < \varepsilon$ . Теорема доказана.

**Теорема 2.** Пусть  $y$  равнобедренного треугольника  $ABC$  с высотой  $BH$  и рациональными длинами сторон на высоте  $BH$  или ее продолжении взята точка  $D$  (рис. 2). Тогда для любого  $\varepsilon > 0$  на этом продолжении найдется такая точка  $D_0$  с рациональными расстояниями до вершин треугольника, что  $DD_0 < \varepsilon$ .

*Доказательство.* Имеем:  $AD = y, HD = x, AH = \frac{b}{2} = const$ . Тогда  $y^2 - x^2 = \left(\frac{b}{2}\right)^2$ .

Положим  $t = y - x$ . Тогда  $y + x = \frac{\left(\frac{b}{2}\right)^2}{t}$ .

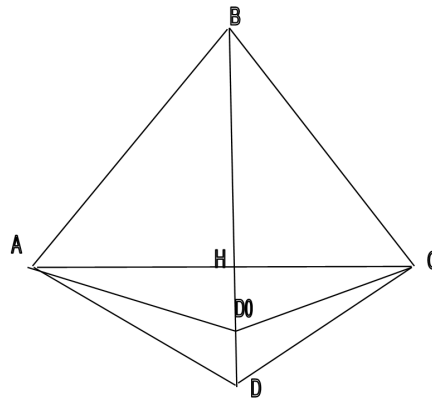


Рисунок 2 – Графическая интерпретация теоремы 2

Отсюда, решая систему

$$\begin{cases} y - x = t, \\ y + x = \frac{\left(\frac{b}{2}\right)^2}{t}, \end{cases}$$

получим

$$y = \frac{\left(\frac{b}{2}\right)^2}{2t} + t, \quad x = \frac{\left(\frac{b}{2}\right)^2}{2t} - t.$$

Функции, стоящие в правой части этой системы, непрерывны при любом  $t > 0$ . Выбирая  $t_0$  рациональным, отличным от  $t$  сколь угодно близко к  $t$ , получаем, что

$$y_0 = \frac{\left(\frac{b}{2}\right)^2}{2t_0} + t_0 \quad \text{и} \quad x_0 = \frac{\left(\frac{b}{2}\right)^2}{2t_0} - t_0$$

рациональные числа, сколь угодно близкие к числам  $y$ ,  $x$  соответственно. То есть можно обеспечить выполнение неравенства  $DD_0 < \varepsilon$ . Теорема доказана.

**Теорема 3.** Внутри любого треугольника с рациональными сторонами и площадью точка пересечения высот и центр описанной окружности находятся на рациональных расстояниях от вершин треугольника.

*Доказательство.* Так как стороны треугольника рациональны, то по теореме косинусов  $\cos A$ ,  $\cos B$  и  $\cos C$  также рациональны. Пусть высоты пересекаются в точке  $O$  (рис. 3).

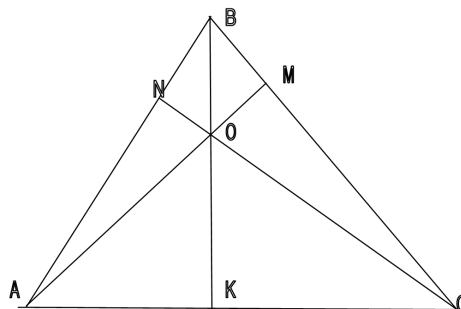


Рисунок 3 – Графическая интерпретация теоремы 3





Тогда  $AO = AK : \cos(\angle MAC) = c \cos A : \sin C$  – рациональное число, так как площадь  $S = 0,5absinC$  рациональна по условию, а значит,  $\sin C$  рационален. Аналогично получаем, что  $BO$  и  $CO$  также рациональны. Пусть  $O_1$  – центр описанной окружности. Тогда по теореме синусов радиус описанной окружности  $R = O_1C = \frac{c}{2 \sin C}$  – рациональное число. Теорема доказана.

В Интернете можно найти список из нескольких треугольников с целыми (а значит, рациональными) сторонами и целой (а значит, рациональной) площадью таких, что все медианы у них целые, а значит, рациональные. Один из этих примеров таков.

Стороны треугольника  $(a, b, c) = (316, 262, 254)$  соответственно. Для медиан известны формулы  $2m_A = \sqrt{2(b^2 + c^2) - a^2}$ ,  $2m_B = \sqrt{2(a^2 + c^2) - b^2}$ ,  $2m_C = \sqrt{2(b^2 + a^2) - c^2}$ .

Применяя эти формулы, получим:  $2m_A = \sqrt{2(262^2 + 254^2) - 316^2} = 408$ ,  $2m_B = \sqrt{2(316^2 + 254^2) - 262^2} = 510$ ,  $2m_C = \sqrt{2(316^2 + 262^2) - 254^2} = 522$ . Отсюда  $m_A = 204$ ,  $m_B = 255$ ,  $m_C = 261$ . Видно, что все медианы делятся на 3 без остатка. Поэтому отрезки  $(OA, OB, OC) = \frac{2}{3}(408, 510, 261) = (272, 340, 174)$  – целые, а, значит, рациональные. Кроме

того,  $\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} = \frac{262^2 + 254^2 - 316^2}{2 \cdot 262 \cdot 254} = \frac{4163}{16637}$  рационален,

но  $\sin A = \frac{\sqrt{16637^2 - 4163^2}}{16637} = \frac{\sqrt{12474 \cdot 208}}{16637}$  иррационален. Поэтому и площадь треугольника иррациональна.

Возникает общая проблема: *существует ли хотя бы один такой треугольник с рациональными сторонами и иррациональной площадью, что строго внутри него нет точки, у которой все расстояния до вершин треугольника рациональны?*

### Выводы

В данной работе удалось расширить множество точек, обладающих свойством быть на рациональных расстояниях от вершин треугольника с рациональными сторонами, выходом за границы треугольника, найдены неограниченное множество таких точек на продолжениях сторон треугольника или высоты равнобедренного треугольника. Сформулированы достаточные условия существования таких точек строго внутри неравнобедренного треугольника с рациональными сторонами – для точки пересечения высот и точки пересечения серединных перпендикуляров сторон.

### Литература

1. Свентковский В. А. Математика и ее приложения. Выпуск 1. “Некоторые задачи и проблемы комбинаторной геометрии”, С.-Пб., 2008.
2. Свентковский В. А. О построении плоских выпуклых К-угольников, которые можно разделить на  $n$  любых заданных равных прямоугольных треугольников. Сб. материалов VIII Межд. научно-техн. конференции 25 мая 2017 ДонНТУ, Донецк, с.18-25.
3. Бухштаб А. А. Теория чисел. С.-Пб., “Лань”, 2015.
4. Яглом И. М. О комбинаторной геометрии. М., МЦНМО, 2013.
5. Болтянский В. Г., Гохберг И. Ц. Разбиение фигур на меньшие части. М.: Наука, 1971.
6. Гордин Р. К., Шарыгин И. Ф. Сборник задач по геометрии. “Астрель”, 2001.
7. Шарыгин И. Ф. Лекции по элементарной геометрии. М., МЦНМО, 2014.

УДК 004.2

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ В КОНТЕКСТЕ «РЕВОЛЮЦИИ КРИПТОТЕХНОЛОГИЙ» И ПЕРСПЕКТИВ ПОСТБИНАРНОГО КОМПЬЮТИНГА

Аноприенко А. Я., Иваница С. В., Сидоров К. А.  
Донецкий национальный технический университет  
кафедра компьютерной инженерии  
E-mail: [anoprien@ya.ru](mailto:anoprien@ya.ru)

### *Аннотация:*

*Аноприенко А. Я., Иваница С. В., Сидоров К. А. Закономерности и особенности развития компьютерных систем в контексте «революции криптотехнологий» и перспектив постбинарного компьютеринга. Рассмотрены закономерности и особенности развития компьютерных систем в контексте «революции криптотехнологий». Предложена концепция постбинарного компьютеринга в качестве перспективного направления для аппаратно-программного обеспечения криптотехнологий.*

### *Annotation:*

*Anoprienko A., Ivanitsa S., Sidorov K. Regularities and development features of computer systems in the context of «cryptotechnologies's revolution» and prospects of postbinary computing. The regularities and features of development computer systems in the context considered of the «revolution of crypto-technologies». The concept of postbinary computing is proposed as a promising direction for hardware and software of crypto-technologies.*

### **Общая постановка проблемы**

В настоящее время главной тенденцией трансформации денежных форм на мировом финансовом рынке является массовый и уже необратимый переход к цифровым валютам – криптовалютам. Развитие криптовалют способствовали два сложившихся друг с другом глобальных обстоятельства. Во-первых, постоянное совершенствование интернет-технологий, фактически реализующих концепцию Web 3.0 Джейсона Калаканиса и, можно сказать, уже перешагнувших концепцию Web 2.0 Тима О'Рейли [1]. Во-вторых, такое развитие мировой экономики, в результате которого возникает неизбежность мировых финансовых кризисов, один из которых произошел в 2008 году. Таким образом, второе обстоятельство привело к неизбежности появления криптовалюты, в первое – к возможности их создания и популяризации.

Криптография для конфиденциальных платежей начала использоваться с 1990 года в системе DigiCash, но, поскольку эта платежная система была централизованной, она не нашла широкого применения. Однако, накануне кризиса 2008 года, в появившемся сообществе, так называемых, «криптопанков» сформировалась идея абсолютного отрыва и независимости от государства путем разработки цифровых активов, учет которых децентрализован. В 2009 году эта идея была реализована человеком (или группой людей) под псевдонимом Сатоши Накамото, который разработал протокол криптовалюты «Биткойн» и создал первую версию программного обеспечения, в котором этот протокол был реализован [2; 3]. Фактически это было опубликование файла с описанием протокола и принципа работы одноранговой сети, разработанная модель «клиент-сервер», программное обеспечение, включающее в себя: мгновенные P2P транзакции; механизм платежей по всему миру; низкую или нулевую стоимость обработки транзакций [4].

До июля 2013 года программное обеспечение практически всех криптовалют базировалось на открытом исходном коде системы «Биткойн». С июля 2013 года стали появляться иные платформы, которые помимо криптовалюты поддерживают различную

инфраструктуру – биржевую торговлю, магазины, мессенджеры и пр. К таким криптоплатформам относятся: BitShares, Mastercoin, Nxt. Регулярно, начиная с 2010 года, анонсируются и другие платформы [5]. Таким образом, распространение криптовалютных технологий имеет революционный характер, повлекший внезапный «криптовалютный хайп» – двадцатикратное подорожание биткойна к 2014 году и появление второй волны роста стоимости криптовалюты, начиная с 2017 года (рис. 1).

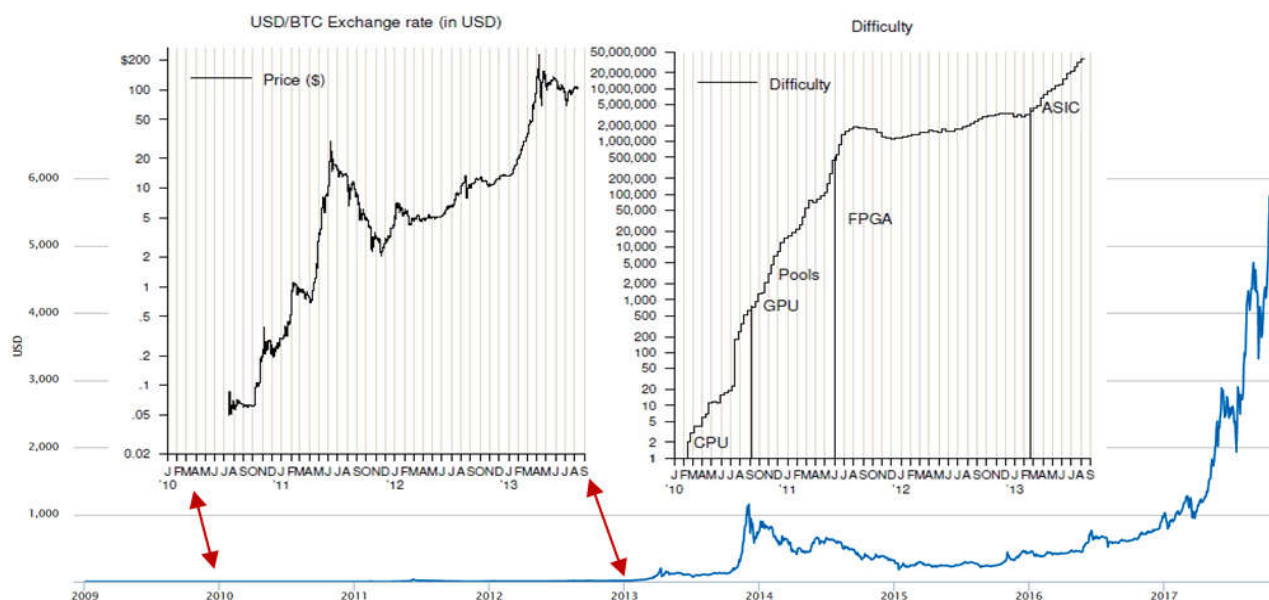


Рисунок 1 – Динамика ценовой стоимости криптовалюты «Биткойн» в сопоставлении с ростом потребляемых вычислительных мощностей

### Ожидаемые риски революции криптотехнологий с ростом аппаратных потребностей майнинга

Майнинг — обеспечение функционирования криптовалютных платформ участниками системы, — основан на использовании вычислительной мощности компьютерных систем. Анализ рис. 1 (график справа) показывает существенные изменения в системах майнинга, переход от использования центральных (CPU, 2010 г.) и графических процессоров (GPU, 2010–2011 гг.) к программируемым логическим интегральным схемам (FPGA, 2011–2013 гг.), и, в конечном счете, к интегральным схемам специального назначения ASIC (Application-Specific Integrated Circuit). Весь используемый для майнинга спектр интегральных схем, от программирования к проектированию, также представлен на рис. 2. Рассмотрим основные особенности некоторых из них. Так, CPU имеют широкий спектр на рынке, в виду своей повсеместности доступны многим программистам (основной язык: C++), гибкую настройку и относительную портативность. FPGA имеют более ограниченный рынок, их сложнее программировать (основной язык: Verilog), имеют достаточную производительность, но более дорогие, чем ASIC. У ASIC самый узкий рыночный спектр, также недостаточно сформированный рынок программистов, ASIC сложен в физическом изготовлении [6].

Популяция криптовалют требует от майнера постоянного роста вычислительных мощностей. При этом ASIC достигает 100-кратной производительности по сравнению с CPU (см. рис. 1). Согласно прогнозу (рис. 3) наращивание производительности и количества криптовалютных платформ приведет к увеличению на порядок количества используемых интегральных схем для майнинга и достигнет около 42 млн устройств к 2025 году, что неизбежно приведет к колоссальным энергозатратам. В [7] отмечено, что майнинг уже к 2020 году будет требовать столько электроэнергии, сколько сегодня потребляет весь мир.

Так, даже в период 2013–2015 гг. (рис. 4), каждая транзакция с биткоинами требовала энергии, которая могла быть использована для нужд девяти многоквартирных домов за день, а совокупная вычислительная мощность этой сети почти в 100 тыс. раз больше, чем 500 самых быстрых суперкомпьютеров в мире. Общее энергопотребление огромно и по состоянию на декабрь 2017 года составляет около 31 тераватт-часов в год. Более 150 отдельных стран мира потребляют меньше энергии ежегодно.

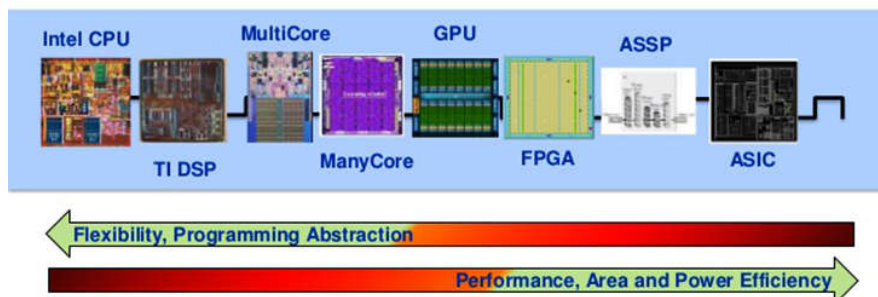


Рисунок 2 – Спектр интегральных схем, используемых в криптотехнологиях [6]

### Переход к постбинарному компьютерингу

Таким образом, современный этап «революции криптотехнологий» определяет переосмысление, поиск новых решений, подходов к созданию разумной среды в цифровой экономике. Поиск и внедрение новых аппаратных решений неизбежно скажется на количественном увеличении интернет-устройств, потребность в которых возрастает экспоненциально (рис. 5). Второй подход может заключаться в пересмотре устоявшегося представления информации в цифровом виде, и, как вариант, в переходе к расширению кодологического базиса [9] — фактически, в переходе к постбинарному компьютерингу [10; 11].



Рисунок 3 – Количество используемых чипсетов, мировые рынки: 2016–2025 [8]

Современная картина развития интернет-технологий позволяет сделать акцент на необходимость использования постбинарного компьютеринга как для криптотехнологий, так и для Интернета вещей [12]. Сейчас о постбинарном компьютеринге можно говорить как о ключевой тенденции «всепроникающего» компьютеринга. Постбинарный компьютеринг в состоянии предоставить альтернативные аппаратно-программные решения современным компьютерным системам, программному обеспечению и базовым алгоритмам в областях:

- криптографии (криптозащита);
- криптотехнологии, в качестве способов обработки блоков транзакций в реплицированных распределенных базах данных;



- системного анализа, как новый способ установления структурных связей между переменными или постоянными элементами исследуемых систем;
- Интернета вещей в виде постбинарной «настройки» к вычислительной сети физических предметов;
- распознавание образов, как, например, процедуры динамического распознавания лиц [13];
- достоверных вычислений, как средство контроля над ошибками округления в процессе вычислений; и. т. п.

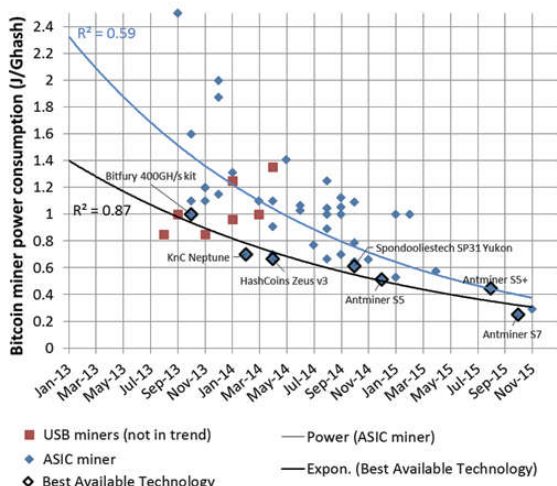


Рисунок 4 – Объемы энергопотребления биткойн майнинга. на фоне незначительного снижения ASIC продолжают удерживать высокие показатели

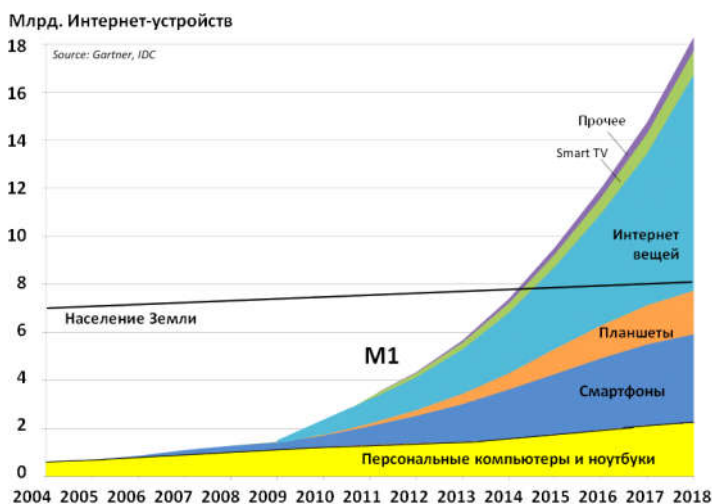


Рисунок 5 – Тенденция роста Интернета вещей. Количество интернет-устройств уже превышает население Земли более чем в 2 раза

### Выводы

Даже скептически настроенные пользователи сети Интернет уже не могут отрицать лавинообразного развития криптотехнологий и проникновения их в мировую экономику. Такие же стремительные обороты набирает параллельно развивающийся ИОТ – Интернет вещей. Трудно ошибиться, если спрогнозировать их скорое объединение в единый технологический массив, который необходимо обрабатывать на мощных, энергоэффективных и относительно дешевых специализированных устройствах. Разработка и поиск новых архитектур таких устройств ведется также с ускоряющимися темпами. Однако следует полагать, что и в этом направлении неизбежна революция. Авторы предлагают обратить внимание на пересмотр представления цифровой информации в сторону расширения кодо-логического базиса и частичного ухода от устоявшейся двоичной логики и кодирования.

Учитывая экспоненциальный рост сложности программируемых устройств, при котором за последние 40 лет устройства усложнились в миллион раз, стоит сделать вывод, что постбинарный компьютеринг уже не представляет технологическую «роскошь», а является необходимым инструментом, приближающим человечество к совершению следующего техногенного шага.

Концепция постбинарного компьютеринга широко рассмотрена авторами в ряде научных публикаций и монографий [9–11; 14], построена логическая и вычислительная системы, определены критерии взаимодействия программного обеспечения и аппаратуры.



## Литература

1. Tomayess, I. Artificial Intelligence Technologies and the Evolution of Web 3.0. / Issa Tomayess. — IGI Global, 2015. — p. 422.
2. Винья, П. Эпоха криптовалют. Как биткоин и блокчейн меняют мировой экономический порядок [Текст] / Пол Винья, Майкл Кейси; пер. с англ. Э. Кондуковой; (науч. ред. А. Форк). — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. — 432 с.
3. Бутенко, Е. Д. Биткойн. Состояние и перспективы развития криптовалюты [Текст] / Е. Д. Бутенко. // Финансы и кредит, № 23 (599), 2014. — С. 44–47.
4. Роббек, А. Е. Bitcoin как явление в мировой экономике [Текст] / Анатолий Роббек. // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова, vol. 11, № 6, 2014. — С. 114–118.
5. Новые криптовалюты 2018 года: список. [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. — Режим доступа: [www / URL: https://vseofinansah.ru/kak-zarabotat/cryptocurrency/novye-kriptovalyuty](http://www.vseofinansah.ru/kak-zarabotat/cryptocurrency/novye-kriptovalyuty). — Загл. с экрана.
6. Bitcoin FPGA vs GPU grafik — 2018. [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. — Режим доступа: [www / URL: http://przeplata.info/7166.php](http://przeplata.info/7166.php). — Загл. с экрана.
7. Система биткоинов к 2020 году использует все электричество мира – СМИ. [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. — Режим доступа: [www / URL: http://www.segodnya.ua/economics/enews/sistema-bitkoinov-k-2020-godu-ispolzuet-vse-elektrichestvo-mira-smi-1096408.html](http://www.segodnya.ua/economics/enews/sistema-bitkoinov-k-2020-godu-ispolzuet-vse-elektrichestvo-mira-smi-1096408.html). — Загл. с экрана.
8. Deep Learning Chipsets. CPUs, GPUs, FPGAs, ASICs, SoC Accelerators, and Other Chipsets for Training and Inference Applications: Global Market Analysis and Forecasts. [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. — Режим доступа: [www / URL: https://www.tractica.com/research/deep-learning-chipsets](https://www.tractica.com/research/deep-learning-chipsets). — Загл. с экрана.
9. Аноприенко, А. Я. Постбинарный компьютеринг и интервальные вычисления в контексте кодо-логической эволюции: монография [Текст] / А. Я. Аноприенко, С. В. Иваница. — Донецк: УНИТЕХ, 2011. — 248 с.
10. Аноприенко, А. Я. Введение в постбинарный компьютеринг. Арифметико-логические основы и программно-аппаратная реализация [Текст] / А. Я. Аноприенко, С. В. Иваница. — Донецк: ГОУВПО «ДОННТУ», 2017. — 308 с.
11. Аноприенко, А. Я. Тетралогия, тетравычисления и ноокомпьютеринг: исследования 2010–2012: монография [Текст] / А. Я. Аноприенко, С. В. Иваница; ГВУЗ «ДОННТУ». — Донецк: УНИТЕХ, 2012. — 308 с.
12. Иваница, С. В. Интернет вещей: современное состояние и перспективы использования маломощных беспроводных сетей [Электронный ресурс] / С. В. Иваница // Вестник Академии гражданской защиты. — Электрон. дан. (1 файл: 3 Мб). — 2017. — № 3(11). — Систем. требования: Acrobat Reader.
13. Лычагин, Р. В. Методы преобразования изображения при процедуре динамического распознавания лиц [Текст] / Р. В. Лычагин, А. Я. Аноприенко, С. В. Иваница // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2017): сб материалов VIII Междунар. науч.-техн. конф. в рамках III Междунар. науч. форума ДНР, 25 мая 2017 г., г. Донецк / ГОУВПО «ДОННТУ», Фак. комп. наук и технологий; редкол.: К. Н. Маренич [и др.]. — Донецк: ДОННТУ, 2017. — С. 659–663.
14. Anopriyenko, A. Postbinary calculations as a machine – assisted realization of real interval calculations [Электронный ресурс] / A. Anopriyenko, S. Ivanitsa, A. Hamzah // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering (IJATCSE). - Электрон. дан. — 2013. — № 2(4). — P. 91–94. — Access mode: <http://warse.org/pdfs/2013/ijatcse03242013.pdf>. — Загл. с экрана.

УДК 004.23, 004.891.2

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА СОСТАВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО И ЕЖЕДНЕВНОГО МЕНЮ В УСЛОВИЯХ МЛАДШЕГО ДОШКОЛЬНОГО ВОСПИТАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Солоницын Л. П.\*, Землянская С. Ю.\*, Гримута А. В.\*\*\*, Смирнов И. В.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления

\*\* Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Севастопольский государственный университет»

E-mail: [solleo55@gmail.com](mailto:solleo55@gmail.com)

### *Аннотация:*

*Солоницын Л. П., Землянская С. Ю., Гримута А. В., Смирнов И. В.*

*Интеллектуальная система составления перспективного и ежедневного меню в условиях младшего дошкольного воспитательного учреждения. Рассмотрены принципы составления меню в младших воспитательных учреждениях. Проведен анализ существующих методов, которые могут решить поставленные задачи. Определен подход оптимизации составления меню в младших воспитательных учреждениях.*

### *Annotation:*

*Solonitsyn L. P., Zemlyanskaya S. Yu., Grimuta A. V., Smirnov I. V. Intelligent system for compiling a perspective and daily menu in the conditions of a junior pre-school educational institution. The principles of making menus in junior educational institutions are considered. The analysis of existing methods, which can solve the tasks, is carried out. The approach to optimizing the menu in junior educational institutions is defined.*

### **Введение**

Младшее дошкольное воспитательное учреждение, или детский сад, является учреждением для образования детей дошкольного возраста от 1,5 до 7 лет. Они, как тип образовательных учреждений, существуют в большинстве стран и, обычно, являются первой ступенью в системе образования, если не брать во внимание образование, полученное от родителей. В каждом детском саду выполняются задачи составления перспективного и ежедневного меню. Обязанности по выполнению данных задач, обычно, лежат на плечах медицинского работника.

В последнее время в странах СНГ начали отказываться от штатной позиции медицинской сестры, одной из обязанностей которой является составление перспективного и ежедневного меню согласно установленным нормам, так как в части детских садов работали медицинскими сестрами и бывшие заведующие, и юристы, и люди с прочей, не медицинской, квалификацией, что, разумеется, положительно на общее здоровье детей не влияло.

Вследствие этого задача составления перспективного и ежедневного меню перекладывается на других людей: заведующего детским садом, кладовщика, повара и так далее. Однако все они лица заинтересованные и при составлении блюд могут руководствоваться не только установленными СанПиН, но и выбирать такие блюда и их порции, которые пойдут им на пользу. Это касается в первую очередь скоропортящихся продуктов, которые, обычно, поставляются в детские сады один раз в неделю, таких как печень, молочные продукты (молоко и творог в первую очередь), некоторые мясные продукты, которые нельзя хранить на складе более 36 часов. Например, если меню составляет кладовщик и у него на складе есть один из этих продуктов, с момента начала хранения которого уже прошло более 36 часов, он может добавить блюдо с ним в меню



для избавления от него, что может навредить здоровью детей. Именно поэтому подобные заинтересованные лица не должны привлекаться к выполнению данной задачи.

Поэтому существует необходимость создания интеллектуальной системы, которая на основе определённых параметров будет составлять перспективные и ежедневные меню, которые будут удовлетворять нормам СанПиН.

### **Описание задачи**

Рассмотрим задачу составления перспективного и ежедневного меню подробнее. Данная задача является задачей оптимизации. Входными данными является список продуктов со склада детского сада, выходными – перспективное меню за определенный период или ежедневное меню.

Составление перспективного и ежедневного меню в детском саду выполняется медсестрой в определенные промежутки времени. Перспективное меню медсестра составляет один раз на определенный период времени, например, перспективное меню на две недели. Ежедневное меню составляется лишь в том случае, если план поставок был нарушен, и в результате этого на складе отсутствуют необходимые продукты для следования составленному ранее перспективному меню на данный период.

Общий алгоритм составления ежедневного меню можно представить следующим образом:

1. Получение списка имеющихся на складе продуктов.
2. Выбор блюда для каждого из приемов пищи.
3. Проверка готового меню на соответствие установленным нормам и требованиям.
4. Пункты 2-3 повторяются до достижения необходимого результата.

Данный алгоритм повторяется необходимое количество раз, когда перспективное меню составляется на некоторое количество дней, а в конце подводятся общие итоги по плану, и утверждается план поставки продуктов.

Описанная процедура усложняется тем, что рецептов блюд, утверждённых для приготовления в дошкольных детских учреждениях, существует большое количество, что приводит к возникновению следующих проблем:

- процесс составления меню может занять продолжительное время, т. к. человек редко сразу выберет оптимальную комбинацию блюд;
- субъективность при выборе блюд, т. к. у всех людей есть свои предпочтения в еде;
- погрешность при расчёте необходимого количества продуктов и подведении итогов по меню, т. к. при подведении итогов можно просто ошибиться или не заметить что-то, и потом придётся пересчитывать всё заново.

Эти проблемы являются неотъемлемой частью любого процесса, в котором участвует человек. Однако есть возможность их практически полностью устранить при использовании автоматизированного программного обеспечения.

### **Методы, используемые для решения задачи составления меню**

Для решения задачи составления меню рядом авторов применялись различные методы [1-6], а также были проанализированы результаты применения этих методов. Информация по рассмотренным методам кратко представлена в табл. 1.

Подводя итоги по результатам применения этих методов, хочется сказать, что все они могут использоваться лишь для составления индивидуальных планов питания, но никак не для составления перспективных и ежедневных планов меню в детских учреждениях, так как ни один из них не учитывает специфику детских учреждений, а именно ограничения на нахождение некоторых блюд в одном плане меню, количество продуктов на складе, а также того, что план создаётся на большое количество людей, а не какого-то одного человека.

Таблица 1 – Методы, используемые для решения задачи составления меню

Метод	Представление решения	Достоинства	Недостатки
Обычный генетический алгоритм [1]	Вектор из $N$ блюд, где 1 – блюдо присутствует, а 0 – отсутствует	+ Быстрая сходимость при небольшом $N$	– Нет возможности увеличить разнообразие получаемых решений – Запуск на каждый отдельный приём пищи
Многоуровневый генетический алгоритм [2]	1-ый уровень – день недели 2-ой уровень – приём пищи 3-ий уровень – блюдо приёма пищи	+ Быстрая сходимость + Разнообразие решений + План на неделю	– 10-15 минут в среднем на нахождение близкого к оптимальному решения – Много лишних параметров и отсутствие нужных
Иерархический МА [3, 4]	Рабочие занимаются поиском решения для приёма пищи, менеджеры составляют готовый план на день, топ-менеджер ищет лучшее решение из информации полученной от менеджеров	+ Быстрая сходимость при достаточной свободе ограничений + Разнообразие решений	– Сильно падает производительность при увеличении жёсткости ограничений – Не учитывает продукты питания в наличии
Метод ветвей и границ [5]	Блюдо или план из нескольких блюд (в зависимости от модели ограничений)	+ Очень гибкая система ограничений	– Низкая производительность при больших возможных значениях переменных – Слабое разнообразие получаемых решений
Computational Nutrition [6]	План питания (список блюд)	+ Высокое разнообразие получаемых решений + Всегда находил валидные планы, не смотря на различные параметры	– Невозможно достичь идеального плана из-за случайной природы отбора блюд – При слишком жёстких ограничениях значительно увеличивается время работы

### Математическая постановка

Дано:

- количество детей  $K$ ;
- множество продуктов на складе  $P$ ;
- множество их стоимости за единицу измерения  $Q$ ;
- список норм для меню на день, таких как количество калорий  $Cal_d$ , жиров  $Fat_d$ , белков  $Pr_d$  и углеводов  $Carb_d$ ;
- их возможные отклонения от нормы ( $\Delta Cal_d$ ,  $\Delta Fat_d$ ,  $\Delta Pr_d$  и  $\Delta Carb_d$  соответственно);
- множество блюд  $B$  с входящими в них продуктами  $R$ , иначе говоря их рецептурой;



– стоимость блюд  $C_b$ ;  
– содержание калорий  $Cal_b$ , жиров  $Fat_b$ , белков  $Pr_b$  и углеводов  $Carb_b$  в одной порции блюда на ребёнка.

Требуется найти такую комбинацию блюд (меню), которая является допустимой и наиболее оптимальной, при этом её параметры – общая стоимость  $C$ , количество калорий  $Cal$ , углеводов  $Carb$ , жиров  $Fat$  и белков  $Pr$  – должны стремиться к заданным нормам. Допустимой является комбинация блюд, для которой есть продукты на складе для приготовления её на  $K$  детей, и значения её параметров  $C$ ,  $Cal$ ,  $Fat$ ,  $Pr$ ,  $Carb$  лежат в пределах соответствующих норм с учётом допустимых отклонений:

$$\begin{cases} C = C_d \pm \Delta C_d; \\ Cal = Cal_d \pm \Delta Cal_d; \\ Fat = Fat_d \pm \Delta Fat_d; \\ Pr = Pr_d \pm \Delta Pr_d; \\ Carb = Carb_d \pm \Delta Carb_d. \end{cases} \quad (1)$$

Наиболее оптимальной является комбинация блюд, которая допустима, и параметры  $C$ ,  $Cal$ ,  $Pr$ ,  $Fat$  и  $Carb$  которой максимально близки к заданным нормам.

Ограничения в данной задаче:

– количество продукта в комбинации блюд  $p_i$  не должно превышать количество продукта на складе  $P_i$ , где  $i = 1, \dots, n$ ;

– количество калорий в комбинации блюд  $Cal$  должно быть близко к норме  $Cal_d$  с погрешностью в  $\Delta Cal_d$ ;

– аналогичные ограничения существуют для стоимости  $C$ , количества жиров  $Fat$ , белков  $Pr$  и углеводов  $Carb$ .

С учётом приведенных выше ограничений была составлена следующая целевая функция:

$$F = g_1 \cdot G_1(C) + g_2 \cdot G_2(Cal) + g_3 \cdot G_3(Carb) + g_4 \cdot G_4(Fat) + g_5 \cdot G_5(Pr), \quad (2)$$

где  $G_i(X)$  – функция для расчёта того, насколько параметр  $X$  близок к своему оптимальному значению;

$g_i$  – коэффициент приоритета соответствующего параметра.

Приоритет обычно у всех параметров равный, но иногда может отличаться, если, например, необходимо восстановить баланс белков-жиров-углеводов, который был нарушен в прошлые дни.

Так как чрезвычайно важно, чтобы все параметры лежали в установленных промежутках, и в зависимости от близости к желаемым значениям менялось в лучшую сторону и значение целевой функции, то была составлена условная функция, которая выполняет данную задачу:

$$G_i(X) = \begin{cases} w_{>ub} - d_{>ub}, & \infty \geq X > ub; \\ w_{<ub} - d_{<ub}, & ub \geq X > ia; \\ w_{ia} + d_{>lb}, & ia \geq X > lb; \\ w_{>lb} + d_{<lb}, & lb \geq X > 0; \end{cases} \quad (3)$$

где  $ub$  – верхняя граница параметра  $X$ ;

$lb$  – нижняя граница параметра  $X$ ;





$ia$  – идеальное (целевое) значение параметра  $X$ ;

$w$  – отношение текущего количества параметра  $X$  к параметру  $ub$ ,  $ia$  или  $lb$  в зависимости от текущей функции (например,  $w_{ia}$  – это отношение текущего значения параметра  $X$  к его идеальному значению);

$d$  – значение функции для параметра по умолчанию, можно изменять его для каждого параметра отдельно, для того чтобы управлять оценкой параметра.

Исходя из этого, формализованная математическая постановка выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned}
 & F = g_1 \cdot G_1(C) + g_2 \cdot G_2(Cal) + g_3 \cdot G_3(Carb) + g_4 \cdot G_4(Fat) + g_5 \cdot G_5(Pr) \rightarrow \max \\
 & \left\{ \begin{array}{l}
 K \cdot p_i \leq P_i, \quad i=1, \dots, n; \\
 Cal_d - \Delta Cal_d \leq Cal \leq Cal_d + \Delta Cal_d; \\
 Carb_d - \Delta Carb_d \leq Carb \leq Carb_d + \Delta Carb_d; \\
 Pr_d - \Delta Pr_d \leq Pr \leq Pr_d + \Delta Pr_d; \\
 Fat_d - \Delta Fat_d \leq Fat \leq Fat_d + \Delta Fat_d; \\
 C_d - \Delta C_d \leq C \leq C_d + \Delta C_d; \\
 p_i \geq 0, \quad i=1, \dots, n; \\
 K, Cal, Carb, Pr, Fat, C > 0;
 \end{array} \right. \quad (4)
 \end{aligned}$$

где  $p_i$  – затрачиваемое количество продукта  $p_i$  на одного ребёнка, которое рассчитывается

по формуле  $p_i = \sum_{j=1}^n R_{ji}$ ;

$Cal$  – количество калорий в плане меню, которое рассчитывается по формуле  $Cal = 9Fat + 4Carb + 4Pr$ ;

$Carb$  – количество углеводов в плане меню, которое рассчитывается по формуле  $Carb = \sum_{j=1}^n Carb_{b_j}$ ;

$Pr$  – количество белков в плане меню, которое рассчитывается по формуле  $Pr = \sum_{j=1}^n Pr_{b_j}$ ;

$Fat$  – количество жиров в плане меню, которое рассчитывается по формуле  $Fat = \sum_{j=1}^n Fat_{b_j}$ ;

$C$  – стоимость плана меню, которая рассчитывается по формуле  $C = \sum_{j=1}^n C_{b_j}$ .

Однако данная математическая модель (4) не отображает следующие условия и ограничения, которые также необходимо учитывать при составлении меню и принимать во внимание при реализации алгоритмов:

1. Разнообразиие блюд. Блюда могут повторяться лишь раз в  $v$  дней, так как детям от 1 года до 7 лет требуется разнообразие в пище.
2. Некоторые блюда и продукты нежелательно совмещать в одном приёме пищи, так как они могут привести к нежелательным и вредным последствиям для организма ребенка, или просто вызвать у ребёнка нежелание есть.

3. Приоритеты блюд. Часть блюд включает в себя скоропортящиеся продукты, такие как печень или молоко, которые необходимо реализовать как можно скорее. Поэтому возможное меню с ними должно быть более приоритетным, чем без них.

4. Период, на который составляется перспективное меню. Это условие применимо лишь тогда, когда составляется перспективное меню. Обычно при составлении перспективного меню на  $D$  дней продукты на складе учитываются лишь в первый день, а на оставшиеся  $D-1$  дни оно составляется без их учёта, так как на эти дни будут планироваться будущие поставки.

Все эти условия и ограничения являются важными для процесса составления меню и были приняты во внимание при составлении моделей алгоритмов для реализации системы.

### Вывод

В ходе исследования было определено, что ни один из существующих методов и ни одно инструментальное средство не решают проблемы задачи составления перспективного и ежедневного меню в условиях дошкольного общеобразовательного учреждения целиком. Однако были найдены методы и средства, которыми решались подобные задачи, а также методы, которые после некоторых модификаций смогут решать данную задачу в полной мере.

Наиболее перспективными методами выглядят эволюционные алгоритмы, такие как генетические и муравьиные. Однако алгоритмы, подобные Computational Nutrition, также дают неплохие результаты при формировании программы индивидуального питания. В дальнейшем на их основе планируется строить модели и алгоритмы для автоматического составления перспективного и ежедневного меню. После исследования эффективности полученных моделей и алгоритмов в условиях данной задачи из них будет выбран наилучший для реализации конечной системы.

### Литература

1. Catalan-Salgado E-A, Zagal-Flores R, Torres-Fernandez Y, Paz-Nieves A (2014) Diet Generator Using Genetic Algorithms. *Research in Computer Science* (75):71-77
2. Gaál, B., I. Vassányi, and G. Kozmann. "A novel artificial intelligence method for weekly dietary menu planning." *Methods Archive* 44.5 (2005): 655-664.
3. M. Dorigo, T. Stützle, *Ant Colony Optimization: Overview and Recent Advances*. M. Gendreau and Y. Potvin, editors, *Handbook of Metaheuristics*, 2nd edition. Vol. 146 in *International Series in Operations Research & Management Science*, pp. 227-263. Springer, Verlag, New York, 2010.
4. Rusin, Miroslav, and Elena Zaitseva. "Hierarchical heterogeneous ant colony optimization." *Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2012 Federated Conference on*. IEEE, 2012.
5. Sundmark N. *Design and implementation of a constraint satisfaction algorithm for meal planning*. – 2005.
6. Pikes, T. and Adams, R. (2016) *Computational Nutrition: An Algorithm to Generate a Diet Plan to Meet Specific Nutritional Requirements*. *E-Health Telecommunication Systems and Networks*, 5, 31-38.



УДК 621.182.95, 004.934.2

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ЗОЛОВЫХ ГИДРОСМЕСЕЙ

Капустин Д. А., Сентяй Р. Н., Швыров В. В., Короп Г. В., Шулика Т. И.

Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко

кафедра информационных технологий и систем

E-mail: [shulika-tatyana@mail.ru](mailto:shulika-tatyana@mail.ru)

### Аннотация

*Капустин Д. А., Сентяй Р. Н., Швыров В. В., Короп Г. В., Шулика Т. И.*

*Использование информационных технологий в обработке результатов реологических исследований концентрированных золовых гидросмесей. В статье приведены результаты реологических исследований концентрированных гидросмесей низкокальцевых зол по определению модели неньютоновской жидкости адекватно описывающей их поведение.*

### Annotation

*Kapustin D. A., Sentyay R. N., Shvyrov V. V., Korop G. V., Shulika T. I. The use of information technologies in processing the results of rheological studies of concentrated gold slurries. The article presents the results of rheological studies of concentrated slurries of low-ash solids by determining the model of a non-Newtonian fluid that adequately describes their behavior.*

### Постановка проблемы

На территории Донбасса значительная доля электрической энергии вырабатывается на тепловых электрических станциях (ТЭС) где в процессе производства электроэнергии образуются различные типы выбросов:

- газообразные (оксиды азота, серы, углерода);
- твердые, представленные в виде очаговых остатков (зола, шлак) [1].

Удаление золы и шлака осуществляется системой золошлакоудаления (ЗШУ). ЗШУ может быть организовано различными способами и с применением различных транспортных систем (автомобильный, железнодорожный, трубопроводный, конвейерный транспорт).

Однако наибольшее распространение получил трубопроводный гидротранспорт и гидрозолошлакоудаление (ГЗУ) в целом.

Применение ГЗУ обусловлено рядом неоспоримых преимуществ: возможность использования для любых видов топлива и мощностей станции, надежное удаление очаговых остатков и т. д.

Наряду с этим такие системы имеют существенные недостатки: низкая эффективность гидротранспорта (массовая концентрация золы в гидросмеси не превышает 20 %, шлака – 5 %), значительный абразивный износ, трудности с дальнейшим использованием золы и шлака [2].

Западные системы ЗШУ транспортируют золошлаки при массовой концентрации твердого компонента до 50 %, что позволяет в несколько раз снизить количество транспортируемой смеси и повысить эффективность работы системы.

Наличие большого количества частиц мелких фракций придает золовой гидросмеси аномальные свойства, которые в значительной степени влияют на параметры и режимы транспортирования.

Это обуславливает необходимость определения реологической модели концентрированной золовой гидросмеси и ее показателей.

### Цель работы

Провести реологические исследования концентрированных золовых гидросмесей и осуществить обработку их результатов современными программными продуктами для определения зависимости, адекватно описывающей их поведение.

### Анализ исследований и публикаций

Изучением процессов транспортирования твердых отходов ТЭС занимались в основном ВНИИГ им. Веденеева и ВНИИУглеобогащения. Было проведено большое количество исследований транспорта золы и шлака вплоть до концентрации 50-60 % по массе. Однако однозначных данных о реологическом поведении концентрированных низкокальцевых золовых гидросмесей представлено не было [3].

Опираясь на постулаты специалистов коллоидной химии, можно предположить, что твердый материал, в состав которого входят частицы размером до 10 мкм в количестве от 3-5 %, образует в смеси с водой пространственную структуру, основанную на силах Ван дер Ваальсового взаимодействия.

### Материалы и результаты исследований

Авторами впервые были проведены исследования по изучению реологии концентрированной золовой гидросмеси при массовых концентрациях твердого компонента от 42 до 62 %.

Для опытов была использована зола от сжигания антрацитов и тощих углей на ТЭС Луганская, которая имела представленный в табл. 1 химический состав.

Таблица 1 – Химический состав исследуемого материала

ТЭС	A <sup>d</sup>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Луганская	76,5	49,57	19,96	15,89	3,50	1,51	0,72	0,12	0,38	1,32	0,43	0,23

Низкое содержание оксида кальция 3,5 %, который вступает в химическую реакцию с несущей средой, позволяет исключить влияние этого фактора на изменение реологических свойств среды [4].

Проведен ситовый анализ исследуемого материала, включающий отбор 9 проб по 300 г каждая из различных частей емкости с исследуемым материалом для ликвидации погрешностей, связанных с перераспределением твердых частиц для сухого отсева и 1 пробы массой 300 г для мокрого отсева.

В опытах использованы сита с ячейками 800, 400, 280, 200, 100, 71 и 40 мкм устанавливаемые в вибрационный ситовый анализатор, время отсева составляло 20 мин. Содержание класса определялось взвешиванием остатка на сите на аналитических весах с точностью до 0,1 грамма.

Мокрый сев осуществлялся на том же анализаторе, промыванием отсеваемого материала водой до получения светлой воды на выходе из анализатора.

После чего сита просушивались, и определялось содержание классов. В табл. 2 представлен осредненный гранулометрический состав исследуемого материала.

Таблица 2 – Гранулированный состав исследуемого материала

№ п/п	Крупность, мкм	Масса, г	Выход классов $\dot{\gamma}$ , %	Суммарный выход классов $\sum \dot{\gamma}$ , %
рассев 1				
1	+800	6	2,15	2,15
2	400-800	3	1	3,15
3	280-400	1	0,39	3,54
4	200-280	4	1,44	4,98
5	100-200	2	0,72	5,7
6	71-100	41	14,7	20,4
7	40-71	54	19,3	39,7
8	0-40	168	60,3	100
	Итого:	279	100	---

После проведенных исследований готовились пробы для реологического анализа с массовой концентрацией твердого материала 42, 47, 52, 57, 62 %, плотность исследуемого твердого материала составила 2000 кг/м<sup>3</sup>.

В качестве измерительного прибора использовался ротационный вискозиметр Полимер 1М с системой цилиндрических воспринимающих элементов [5].

В стакан вискозиметра заливался объем гидросмеси нормируемый инструкцией, после чего стакан вставлялся в вискозиметр и производился съем результатов. Скорость сдвига изменялась от 1,7 до 242 с<sup>-1</sup>, при этом для каждой скорости сдвига проводилась серия из 5 опытов, со снятием стакана и гомогенизацией гидросмеси.

После проведения испытаний было проведено осреднение значений для каждой скорости сдвига и концентрации твердого компонента, а также определено значение возникающего сдвигового напряжения (рис. 1).

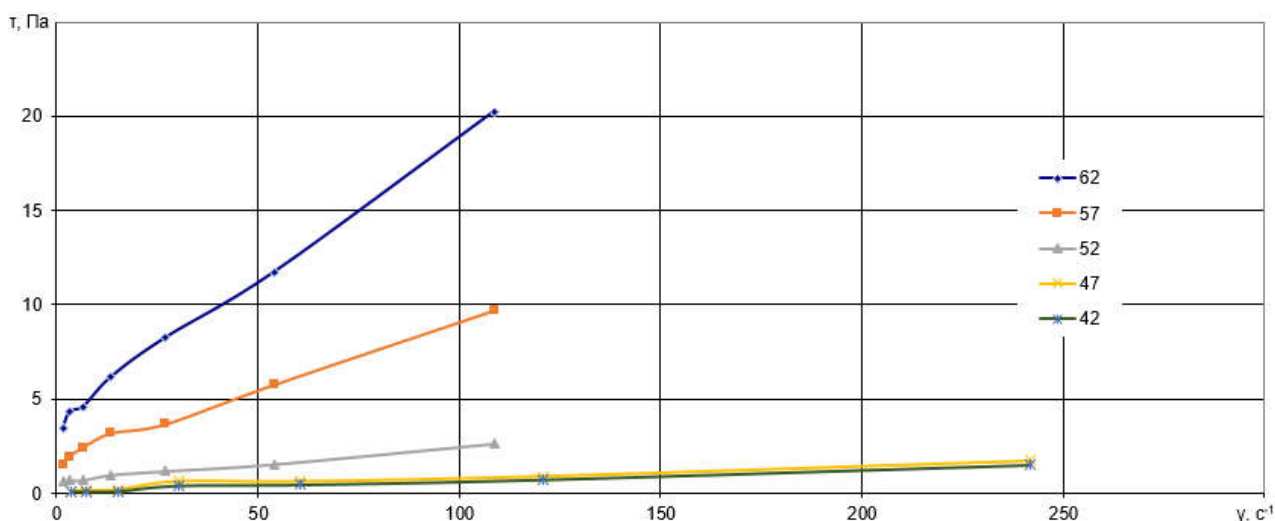


Рисунок 1 – Зависимости величины касательных напряжений от скорости сдвига при различной массовой концентрации твердого компонента, массовая концентрация 42, 47, 52, 57, 62 % соответственно

Для обработки данных было использовано специальное программное обеспечение, использующее нейросети для анализа и прогнозирования.

Построена зависимость вязкости от массовой концентрации и скорости сдвига (рис.2).



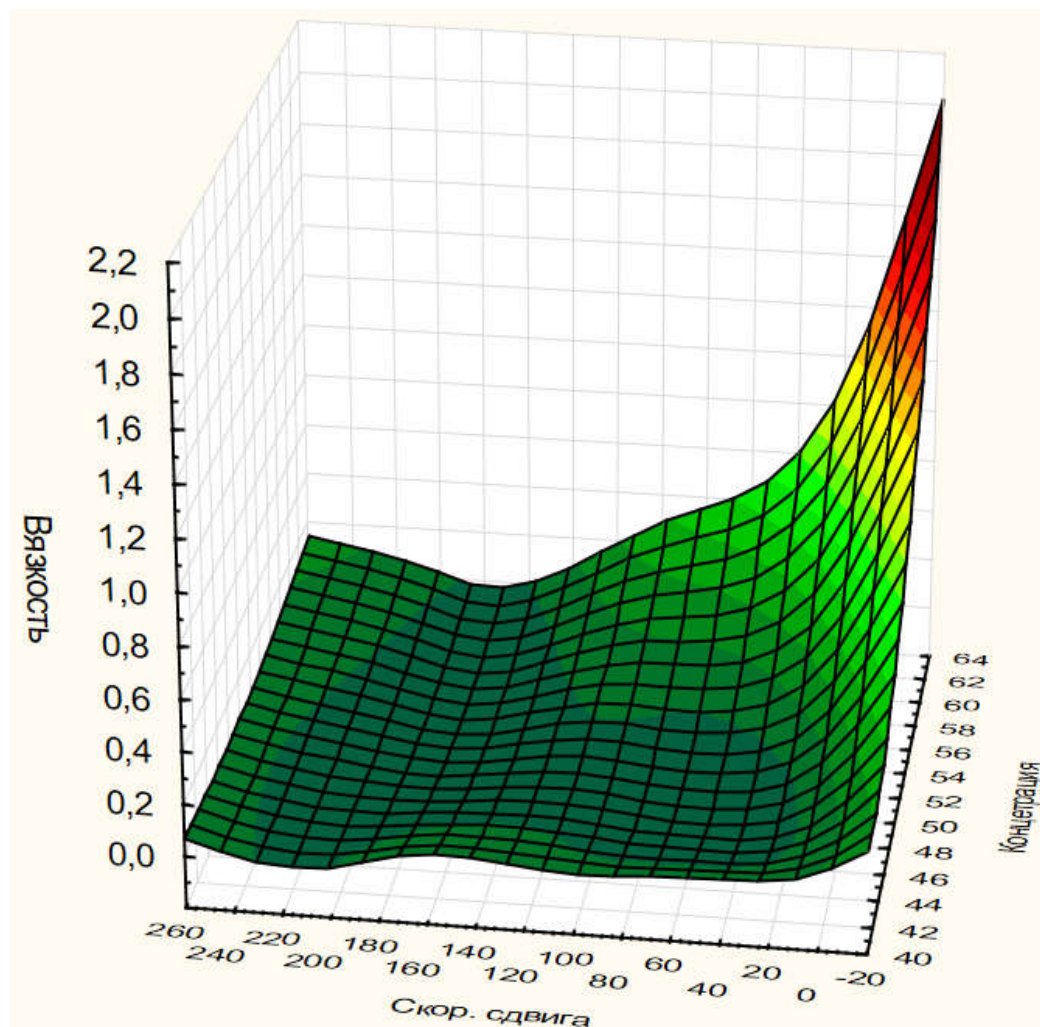


Рисунок 2 – Зависимости вязкости от массовой концентрации и скорости сдвига

### Выводы

Концентрированные золотые гидросмеси проявляют аномальные свойства описываемые реологическим уравнением Шведова-Бингама; проявление неньютоновских свойств начинается при достижении массовой концентрации твердого в гидросмеси 40 %; зависимость начального напряжения сдвига и структурной вязкости от концентрации твердого имеет экспоненциальный характер; резкое увеличение начального напряжения сдвига и структурной вязкости наблюдается после достижения массовой концентрации в 50-55%.

### Литература

1. Джваршеишвили А. Г. Системы трубопроводного транспорта горно-обогатительных предприятий. – М.: Недра, 1981. – 384 с.
2. Смолдырев А. Е. Гидро- и пневмотранспорт / – М.: Metallurgia, 1975. – 384 с.
3. Покровская В. Н. Трубопроводный транспорт в горной промышленности / В. Н. Покровская. - М.: Недра, 1985. – 192 с.
4. Світлий Ю. Г., Круть О. А. Гідролічний транспорт твердих матеріалів / Ю. Г. Світлий, О. А. Круть. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2010. – 268 с.
5. Инструкции по использованию ротационного вискозиметра Полимер 1М.

УДК 681.3

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА CISCO PACKET TRACER ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

Кирпач Е.\*, Моногаров А. А.\*\*, Мальчева Р. В.\*\*

\* Дандас, провинция Онтарио, Канада  
компания «Clearcable Networks»

\*\*Донецкий национальный технический университет  
кафедра компьютерной инженерии  
E-mail: [monogarov@mail.ua](mailto:monogarov@mail.ua)

### *Аннотация:*

*Кирпач Е., Моногаров А. А., Мальчева Р. В. Использование пакета Cisco Packet Tracer для создания виртуальной локальной сети. В статье рассмотрено создание единого защищенного информационного пространства путем объединения всех отделений и филиалов компании в виртуальную локальную сеть. Полученные результаты позволяют получить полную картину о процессах, протекающих в компьютерных сетях, выявить узкие места в сети, решить вопросы по их оптимизации.*

### *Annotation:*

*Kirpach E., Monogarov A., Malcheva R. An application of the Cisco Packet Tracer to create a virtual local area network. The creation of a single secure information space, combining all branches and branches of the company in a virtual local area network is described. The obtained results allow to get a complete picture of the processes taking place in computer networks, to identify bottlenecks in the network, to solve questions on their optimization.*

### **Введение**

На данном этапе развития цифровых промышленных и информационных сетей основной проблемой при их построении становится выбор сетевых технологий, выбор фирмы производителя промышленных узлов и контроллеров, выбор структуры сети. В связи с этим актуальной становится задача построения эффективной сети, ее анализ, диагностика и моделирование [1, 2].

Существуют несколько методов моделирования компьютерных сетей: физические (натурные), аналитические, имитационные и комбинированные [3]. При физическом методе моделирования измерение характеристик на исследуемых системах осуществляется в режиме реального времени, т.е. проводится эксперимент. Результатом данного метода является модель с высокой адекватностью реальной системе. Несмотря на достоинства, данный метод имеет недостаток – это высокая стоимость оборудования для создания модели.

Аналитическая модель представляет собой совокупность аналитических выражений, которые отражают функциональные зависимости между параметрами реальной системы в процессе ее работы. Такие модели применяются для простых систем при отсутствии требований к высокой точности полученных результатов.

Имитационная модель представляет собой компьютерную программу, которая воспроизводит события, происходящие в реальной системе. Имитационные модели компьютерных сетей осуществляют разбиение сообщений на пакеты и кадры определенных протоколов, позволяют отслеживать потерю пакетов и кадров, а также дают возможность анализировать процесс получения доступа компьютером к разделяемой сетевой среде. Результатом работы имитационной модели являются собранные статистические данные о важных характеристиках сети.

### Разработка виртуальной локальной сети

В качестве объекта создания виртуальной локальной сети VLAN (Virtual Local Area Network) использовано Муниципальное учреждение культуры «Централизованная библиотечная система» (МУК «ЦБС») (рис. 1). Подключение к сети осуществляется с использованием волоконно-оптического кабеля и сертифицированного активного оборудования (технология GERON), что обеспечивает надежность и максимальную функциональность предоставляемых телекоммуникационных услуг.

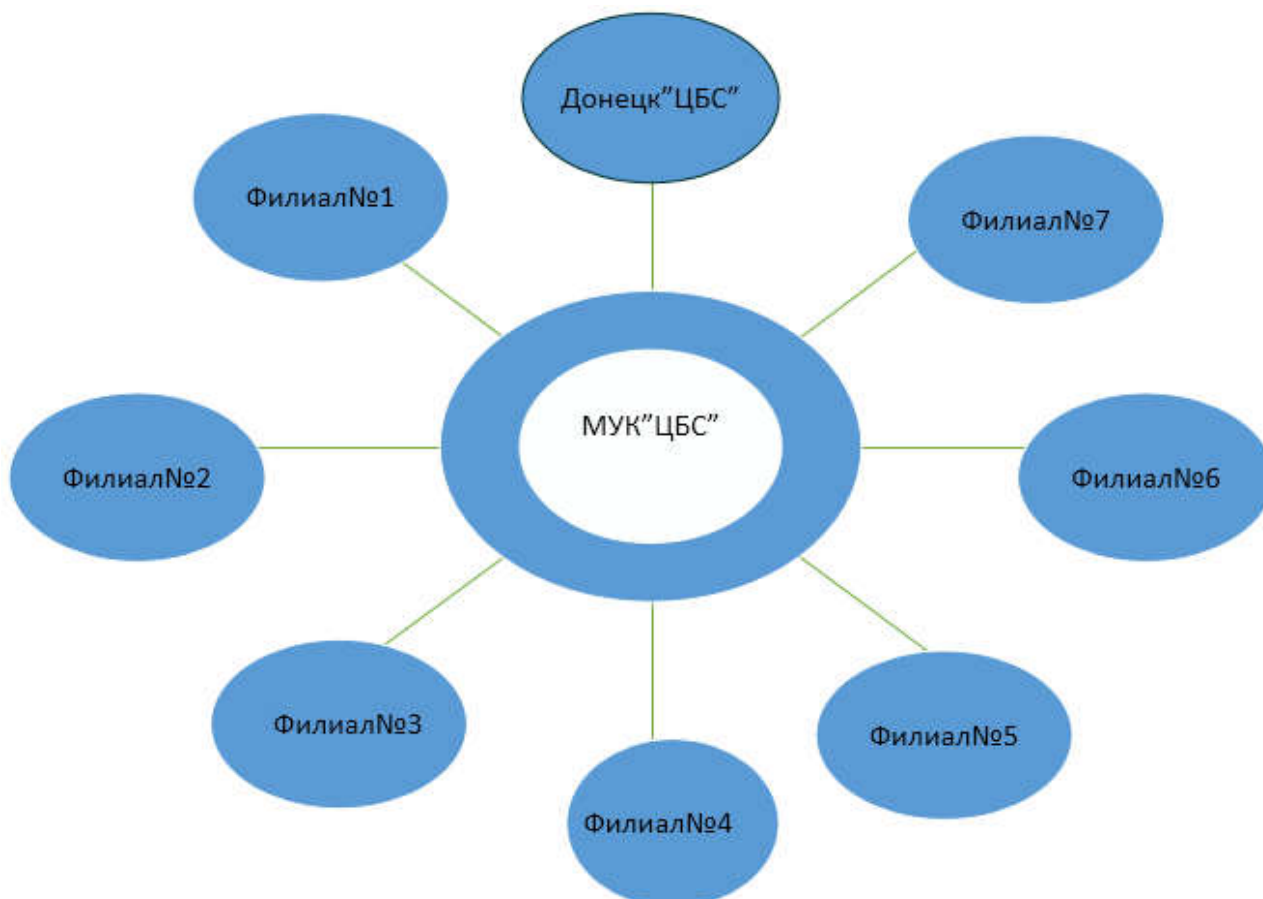


Рисунок 1 – Схема VLAN МУК «ЦБС»

Главные достоинства виртуальной локальной сети VLAN:

1. Высокая скорость обмена информацией. Скорость обмена данными внутри сети остается постоянной (согласно тарифному плану) и не снижается под действием внешних факторов.

2. Единая система учета на предприятии. В рамках локальной сети создается единая информационная база предприятия, что упрощает ведение складского, бухгалтерского учета, минимизирует потери информации, снижает затраты временных ресурсов на обработку информации, устраняет ошибки, связанные с одновременным списанием с нескольких отделений/филиалов.

3. Полная конфиденциальность. Канал связи является закрытым для внешних пользователей сети Интернет, т.к. обмен данными внутри Вашей локальной сети осуществляется в рамках внутренней сети оператора.

4. Высокая надежность. Технология VLAN гарантирует физическую надежность работы сети и обеспечивает сотрудникам круглосуточный доступ к необходимой информации.

5. Оптимальная экономичность. Использование виртуальной локальной сети в деятельности предприятия расширяет возможности развития бизнеса и в значительной степени снижает затраты на коммуникацию.

6. Возможность полного контроля над всеми информационными потоками внутри сети. В рамках локальной сети упрощается система администрирования. Для каждого сотрудника создаются индивидуальные настройки для доступа к внутренней/внешней информации компании, регулируется скорость доступа.

### Разработка модели сети МУК «ЦБС»

Локальная сеть состоит из:

– шести рабочих станций (имеет возможность подключения дополнительных рабочих станций);

– коммутатора третьего уровня;

– сервера;

– принтера;

– двух TV-PT;

– роутера.

При построении модели (рис. 2) введены некоторые допущения:

– вместо коммутатора второго уровня HP Procurve 1800G используется Cisco Catalyst 2960G, так как моделирование коммутаторов HP в данном программном пакете невозможно [4];

– в модели используется одна рабочая станция вместо нескольких, расположенных в одном помещении.

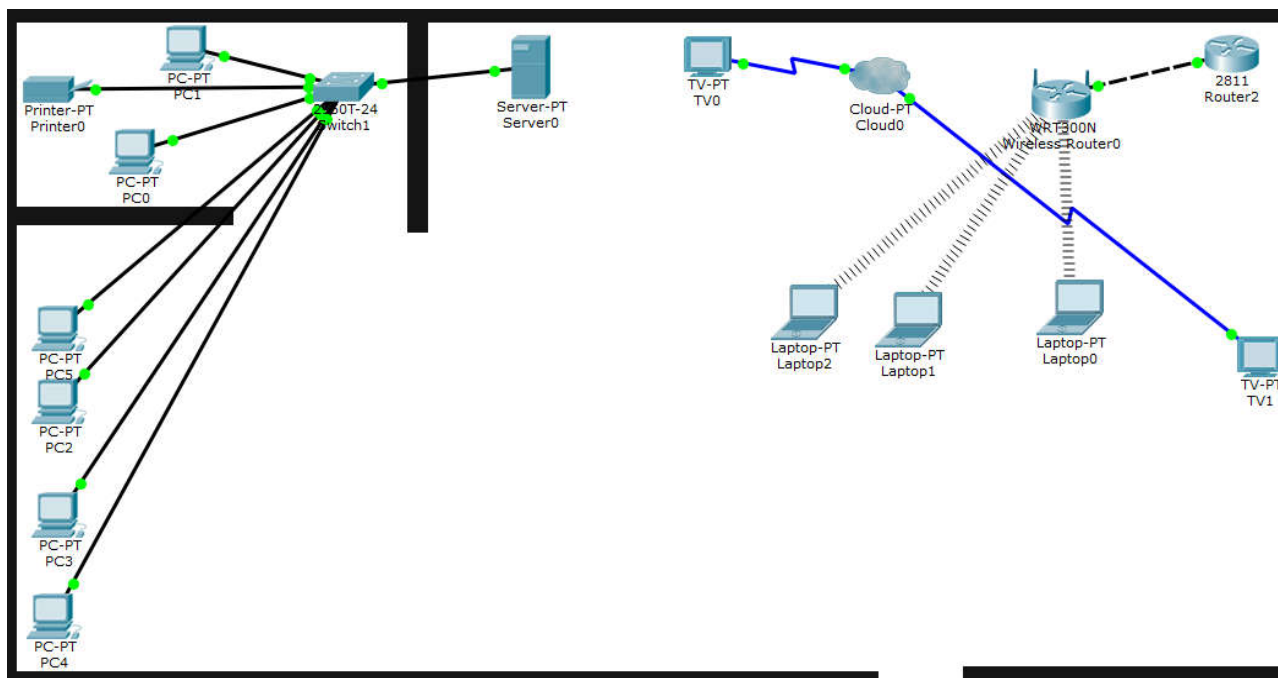


Рисунок 2 – Модель сети МУК «ЦБС» в программном пакете Cisco Packet Tracer

LAN – логическая локальная сеть, представляющая собой группу хостов с общим набором требований, которые могут взаимодействовать между собой независимо от их местонахождения. VLAN обладает свойствами физической локальной сети, но с единственным отличием – позволяет оконечным устройствам группироваться вместе, даже если они не находятся в одной физической сети.



### Выбор средств моделирования

Для моделирования сети выбран программный пакет Cisco Packet Tracer, который позволяет строить свои собственные сети без знания языков программирования.

Packet Tracer – программный пакет для моделирования большого количества устройств различного назначения, различных типов ясвей, что позволяет проектировать сети любого размера на высоком уровне сложности.

Данный пакет позволяет моделировать:

- сети третьего уровня сложности;
- концентраторы;
- рабочие станции;
- беспроводные устройства.

Каждое устройство в программном продукте Cisco Packet Tracer может быть сконфигурировано. Физические параметры устройства – добавление в маршрутизаторы и коммутаторы новых модулей, в рабочие станции и серверы дополнительных сетевых адаптеров. Параметры сетевых интерфейсов – IP-адрес, маска подсети, параметры беспроводной сети. Параметры маршрутизации – статическая по протоколу RIP [5].

### Тестирование модели

Тестирование выполнено с использованием руководства [6]. В качестве проверки выполнена доступность с компьютера одного из узлов с нагрузкой на сеть. Проверка выполнена при помощи утилиты Traffic Generator (рис. 3). При этом количество передаваемых эхо-запросов задано равным 100.



Field	Value
Select Application:	PING
Destination IP Address:	192.168.100.1
Source IP Address:	192.168.100.2
TTL:	32
TOS:	0
Sequence Number:	1
Size:	500

Рисунок 3 – Проверка доступности утилитой Traffic Generator

При следующем тестировании в поле size генератора трафика установлен размер пакета в cisco packet tracer, равный 500 байт. Далее размер пакета увеличивался с шагом 500 байт, пока значение не достигло максимального размера пакета, равного 15 000 байт. Результаты эксперимента представлены на рис. 4.

Полученные результаты эксперимента позволяют утверждать, что канал при таком варианте нагрузки выходит из рабочего состояния, обмен данными (ping) между устройствами происходит с потерей пакетов. При максимальной нагрузке на канал потери составили 25 % от общего количества передаваемых эхо-запросов.





Рисунок 4 – Зависимость числа потерянных пакетов от нагрузки на канал

Путем решения проблемы перегрузки является применение технологии программного управления сетью.

### Выводы

Программный пакет Cisco Packet Tracer позволяет анализировать как сети на стадии проектирования, так и оптимизировать уже существующие сети. При этом положительной стороной использования данного пакета является то, что любое преобразование сети можно смоделировать, оценить последствия и только потом приступить к его непосредственной реализации. Это поможет избежать ошибки на этапе проектирования сети.

В результате построения модели МУК «ЦБС» и проведения модельных экспериментов был выявлен режим работы, который при высокой нагрузке выявило критическим звено в функционировании всего сегмента сети, и позволило его исправить с минимальными потерями.

### Литература

1. Мальчева Р. В. Средства повышения надежности и диагностики элементов компьютерных промышленных сетей / Р. В. Мальчева, А. Р. Арутюнян, Т. В. Завадская // Наукові праці ДонНТУ. Серія: "Обчислювальна техніка та автоматизація". - Донецьк: ДонНТУ, 2008. - Вип.15(130). - С. 110-116.
2. Мальчева Р. В. Алгоритм диагностики элементов компьютерных промышленных сетей / Р. В. Мальчева, А. Р. Арутюнян // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків, «ХАІ», 2008. - № 5 (32). - С. 139-142.
3. Коцюба И. Ю. Основы проектирования информационных систем: учебное пособие / И. Ю. Коцюба, А. В. Чунаев, А. Н. Шиков. – СПб: ИТМО, 2015. – 206 с.
4. Одом Ш, Ноттингем Х. Коммутаторы CISCO. - Кудиц Образ, 2003. — 522 с.
5. Хилл Б. Полный справочник по Cisco.: пер. с англ. - М. : Вильямс, 2004. –1078 с.
6. Хьюкаби Д., Мак-Квери С. Руководство Cisco по конфигурированию коммутаторов Catalyst: пер. с англ. - М.: Вильямс, 2004. – 560 с.

УДК 004.42

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА УДАЛЕННОГО РЕЗЕРВНОГО КОПИРОВАНИЯ ДАННЫХ

**Ольшевский А. И., Нестеренко В. С.**

Донецкий национальный технический университет  
кафедра искусственного интеллекта и системного анализа  
E-mail: [a\\_olshevskiy@mail.ru](mailto:a_olshevskiy@mail.ru), [nes.vadim.s@gmail.com](mailto:nes.vadim.s@gmail.com)

### **Аннотация:**

*Ольшевский А. И., Нестеренко В. С. Исследование и проектирование программного комплекса удаленного резервного копирования данных. Рассмотрены существующие технологии и современные специализированные программные системы резервирования данных. Определены требования к программной реализации системы. Предложена трёхуровневая архитектура системы. Реализован открытый максимально понятный исходный программный код.*

### **Annotation:**

*Olshevskiy A. I., Nesterenko V. S. Research and development of a software package for remote data backup. Existing technologies and modern specialized software systems for data backup are considered. Requirements for software implementation of the system are defined. The three-level architecture of the system is proposed. An open source code, which is as openly understood as possible, is realized.*

### **Постановка проблемы**

В настоящее время подавляющее большинство важных данных не должно быть утеряно. Многие данные теряются из-за различных факторов, будь то отказ работы техники или человеческий фактор случайности. Ввиду проблемы потери данных, было найдено решение создания копии этих данных, т. е. создание резервной копии [1].

На текущий момент большое количество людей используют различные системы резервного копирования, однако бесплатных систем с открытым исходным кодом насчитывается единицы. Также очень мало присутствует систем, управляемых с сервера, на котором можно в профиле пользователя подключить несколько компьютеров и настроить создание резервных копий файлов каждого из компьютеров [2-3]. Также мало систем, способных отправлять резервные копии на собственный сервер, следить за количеством копий на сервере, отправлять их на сервер по расписанию. В связи с этим проблема создания бесплатной системы резервного копирования с данным функционалом и открытым исходным кодом на сегодняшний день весьма актуальна.

**Цель работы** – повышение надежности и отказоустойчивости, увеличения быстродействия системы за счет разработки архитектуры системы и распределенной обработки данных.

### **Распределенные файловые системы**

Такие файловые системы имеют собственные механизмы управления разделами, которые упрощают возможности хранения общедоступной информации. Они также поддерживают дублирование – способность делать копии разделов и сохранять их на других файловых серверах. Если один файловый сервер становится недоступным, несмотря на это, к хранящимся на его разделах данным можно получить доступ благодаря имеющимся резервным копиям этих разделов [4-5].

Современные распределенные файловые системы включают в себя специальные сервисы для управления разделами. Это позволяет смонтировать разделы различных файловых серверов в центральную иерархию директорий, поддерживаемую файловыми системами. Иерархии директорий доступны всем клиентам распределенной файловой системы, и выглядят одинаково на любой из клиентских рабочих станций. Это дает возможность пользователям работать со своими файлами одинаково на любом компьютере. Если ваш настольный компьютер не работает, вы совершенно спокойно можете использовать любой другой – все ваши файлы находятся в безопасности на сервере.

### **Современные программные системы создания резервных копий данных**

На сегодняшний день большинство баз данных различных компаний и корпораций располагаются на собственных хранилищах под управлением одной из операционных систем вида Unix, обеспечивая меньшую нагрузку на оборудование и простоту выполнения резервного копирования посредством запуска скриптов по расписанию. Данный метод выполнения резервного копирования предполагает наличие специалиста для работы, накладывая на него дополнительную ответственность слежения за резервным копированием. Специалист должен реагировать на различные сбои, помнить расположение и число резервных копий и отвечать за их целостность [6].

Также существуют и специализированные программные средства по выполнению резервного копирования, однако у каждого пользователя и каждой компании есть свои требования к функционалу программного средства, что в итоге выделяет из общего числа приложений такие универсальные и популярные программные средства с закрытым исходным кодом как AOMEI Backupper и Acronis Backup.

AOMEI Backupper платное программное средство для компаний и корпораций, однако бесплатно для домашнего повседневного использования. Его функционал различается в зависимости от плана приобретенной версии, а именно: количество лицензий, наличие сервера, полное приобретение или подписка, наличие поддержки специалистов, синхронизация и пр. В отличие от разрабатываемого программного средства, AOMEI Backupper не кроссплатформенное программное средство, и в нём отсутствует распределенное хранение и считывание данных [7].

Acronis Backup полностью платное кроссплатформенное программное средство. Функционал также различается в зависимости от плана версии, однако данное программное средство существенно дороже. Стоит отметить, что в приложении Acronis Backup также отсутствует распределенное хранение и считывание данных [8].

### **Программная реализация системы создания резервных копий данных**

В данном программном комплексе используется модифицированная трёхуровневая архитектура, она состоит из таких компонентов (слоёв): клиента, сервера приложений (к которому подключено клиентское приложение) и сервера баз данных (с которым работает сервер приложений). Модификация представляет собой возможность развёртывания программного средства в локальной сети, а также распределенное хранение и считывание данных. Помимо этого, для каждого слоя имеются свои модификации. На рис. 1 изображена трёхуровневая архитектура программного средства [9-10].

В данной архитектуре первым слоем является клиент. Клиент – это интерфейсный компонент комплекса, который не имеет прямых связей с базой данных, не хранит состояние приложения, и не обрабатывает бизнес-логику (реализация правил и ограничений автоматизируемых операций). Компьютер пользователя подвязывается к его аккаунту на слое сервера приложений, принимает задачи, и, в соответствии с ними, по расписанию отправляет копию данных на указанные пользователем хранилища с заданными пользователем настройками, а также сообщает серверу приложений о состоянии каждой

задачи при их выполнении. Модификация данного слоя представляет собой хранение сообщений, посылаемых серверу приложений при отсутствии подключения к сети, и отправки сохранённых сообщений при подключении к сети. Данная модификация необходима ввиду работы клиента с расписанием действий.

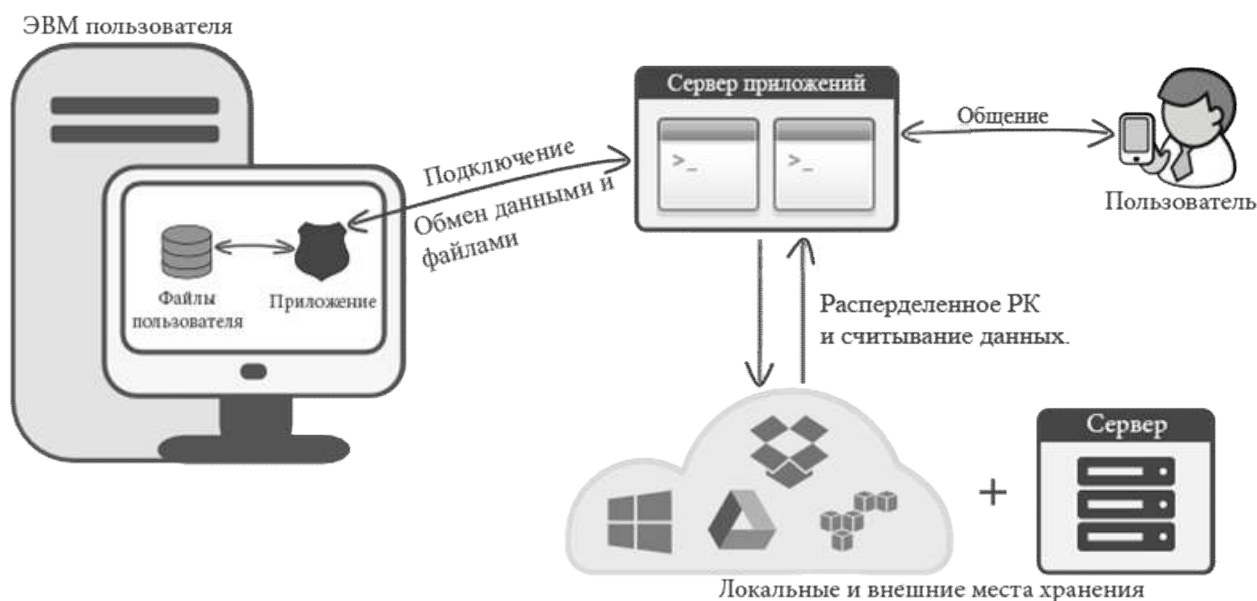


Рисунок 1 – Трёхуровневая архитектура программного средства

Второй слой (средний, связующий) является сервером приложений, где сосредоточена большая часть бизнес-логики. Он отвечает за обработку данных при общении с клиентом и базой данных. Программное средство проектируется таким образом, чтобы при добавлении дополнительного функционала обеспечивалось горизонтальное масштабирование производительности программного средства и не требовалось внесения изменений в программный код приложения. Модификация данного слоя представляет собой возможность управления хранением данных, предоставляя выбор места хранения (на сервере баз данных или в хранилище сети Интернет), а также возможность распределенного хранения и считывания из разных хранилищ данных. Также пользователю доступна возможность подвязки нужных компьютеров к аккаунту, для составления на каждом из них необходимых задач резервного копирования. Задача имеет такие настройки как: выбор файлов, сжатие, выбор мест хранения, расписание, уведомление о состоянии, шифрование, история задач и сами сохраненные данные, которые пользователь может себе загрузить [11].

Сервер баз данных (слой данных) обеспечивает хранение данных и выносится на отдельный третий уровень. В программном средстве он реализуется средством системы управления базами данных MongoDB [12], подключение к этому компоненту обеспечивается только с уровня сервера приложений. Модификация данного слоя представляет собой распределенное хранение данных для обеспечения большей надежности и скорости считывания данных [13-14].

Стоит отметить, что программный комплекс является открытым программным обеспечением, делая его код общедоступным для просмотра и изменения. Это позволит всем желающим использовать уже созданный код для своих нужд, в частности корпоративным сетям, и помочь в разработке данного программного средства [15].

## Выводы

Исследованы существующие технологии и современные специализированные программные системы резервирования данных. Предложена трёхуровневая архитектура





системы, которая позволила повысить отказоустойчивость и надежность за счет репликации данных, а также увеличить быстродействие системы за счет распределенной обработки данных.

Благодаря добавлению нового функционала по сравнению с конкурентными решениями, обеспечивается работа системы в локальной сети без подключения к сети Интернета.

Предложенный открытый максимально понятный исходный код программного комплекса позволяет использовать его для улучшения и оптимизации другими разработчиками, а также используемые технологии существенно упростят адаптацию системы в других организациях.

## Литература

1. Богдзиевич Р. И. Децентрализованная сетевая файловая система [Текст] / Р. И. Богдзиевич, А. И. Ольшевский // Сб. науч. тр. V Международная научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов студентов «Современная информационная Украина: информатика, экономика, философия» – Донецк, 2011. – С. 133-136.
2. Бычкова Е. В. Программное средство создания резервных копий данных [Текст] / Е. В. Бычкова, В. С. Нестеренко // Сб. науч. тр. «Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование» в рамках III форума «Инновационные перспективы Донбасса» (ИУСМКМ – 2017). – Донецк: ДонНТУ, 2017. – С. 381-384
3. Гома Х. UML Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений / Х. Гома // Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 704 с.
4. RAID [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/RAID](http://www.ru.wikipedia.org/wiki/RAID) – Загл. с экрана.
5. Silberschatz A. Operating System Concepts / Silberschatz A., Galvin P.B., Gagne G. – Salt Lake City: John Wiley & Sons, 1994. – 780 p.
6. UNIX and Linux System Administration Handbook / [Nemeth E., Snyder G., Hein T. R., Whaley B., Mackin D.] – [4th edition] – Upper Saddle River: Addison-Wesley Professional, 2017. – 1500 p.
7. AOMEI Backupper [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/URL: https://www.aomeitech.com/aomei-backupper.html](http://www.aomeitech.com/aomei-backupper.html) – Загл. с экрана.
8. Acronis [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/URL: http://www.acronis.com](http://www.acronis.com) – Загл. с экрана.
9. Трёхуровневая архитектура [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Трёхуровневая\\_архитектура](http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Трёхуровневая_архитектура) – Загл. с экрана.
10. El-Rewini H. Advanced Computer Architecture and Parallel Processing / El-Rewini H., Abd-El-Barr M. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2005. – 288 p.
11. Pattern-Oriented Software Architecture Volume 1: A System of Patterns / [Buschmann F., Meunier R., Rohnert H., Sommerlad P., Stal M.] – Chichester.: John Wiley & Sons, 1996. – 476 p.
12. MongoDB [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/URL: https://www.mongodb.com](http://www.mongodb.com) – Загл. с экрана.
13. Jepsen T. C. Distributed Storage Networks: Architecture, Protocols and Management / Jepsen T. C. – Raleigh: John Wiley & Sons, 2003. – 338 p.
14. Gupta M. Storage Area Network Fundamentals / Gupta M. – Indianapolis: Cisco Press, 2002. – 320 p.
15. Xie Z. Open Source Software Foundation / Xie Z. – Saarbrucken: LAP Lambert Academic Publishing, 2010. – 128 p.



УДК 004.021

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ РОЯ ЧАСТИЦ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЖЕСТОВ

Потопахин А. А., Ручкин К. А.

Донецкий национальный технический университет  
кафедра искусственного интеллекта и системного анализа  
E-mail: [alexey\\_potopahin@hotmail.com](mailto:alexey_potopahin@hotmail.com)

### **Аннотация:**

*Потопахин А. А., Ручкин К. А. Исследование и разработка метода оптимизации роя частиц для распознавания динамических жестов. Проведено исследование эволюционного алгоритма оптимизации роя частиц (Particle Swarm Optimization) для решения задачи распознавания. Выполнена адаптация алгоритма PSO под задачу распознавания динамических жестов. Предложена модификация алгоритма PSO путем использования нормального распределения вероятностей в вычислении скорости движения частицы в пространстве поиска.*

### **Annotation:**

*Potopakhin A. A., Ruchkin K. A. Research and development of a method for managing a three-dimensional scene using dynamic gestures. This research was conducted of the evolutionary particle swarm optimization algorithm (PSO) for solving the recognition problem. The adaptation of PSO algorithm was conducted to the dynamic gesture recognition task. A modification of the PSO algorithm was proposed by using the normal distribution probability in calculating velocity of a particle in the search space.*

### **Введение**

Современные системы бесконтактного управления интерактивным контентом основаны на методах распознавания динамических и статических жестов человека. Для оптимизации задачи распознавания жестов используются эволюционные алгоритмы (метод движения роя частиц, метод колонии муравьев и т. д.), статистические модели (Скрытые Марковские Модели (СММ), метод Монте-Карло и т. д.) и др. Несмотря на отдельные успехи, качество разработанных алгоритмов распознавания жестов рук и пальцев, как динамических, так и статических, с использованием цветных видеокамер и трехмерных сенсоров все еще остается недостаточным для построения практических систем человеко-машинного взаимодействия. Главными недостатками существующих методов являются чувствительность к изменениям освещения, потребность обучения системы для каждого оператора, невысокое качество распознавания жестов и небольшая скорость распознавания.

В данной работе проводится исследование и разработка метода оптимизации роя частиц (PSO), а также адаптация под задачу распознавания динамических жестов. В последнее время PSO успешно применяется во многих областях исследований и приложений. Оптимизация, роя частиц используется для подходов, которые могут применяться в широком спектре приложений, а также для специфичных задач, которые ориентированы на конкретные требования.

### **Анализ современного состояния проблемы**

Для захвата жестов человека могут использоваться различные устройства, например, ультразвуковые локаторы, кинематические датчики, системы структурированной подсветки и т. д. Но наиболее распространенным для получения данных о жестах пользователя является видеокамера и устройства подобные трехмерному сенсору Kinect от Microsoft, который помимо цветной видеокамеры, также состоит из двух сенсоров глубины.



Применение двух и более видео-датчиков позволяет запечатлеть дополнительную информацию о трехмерном объекте (отверстия, невидимые с другой камеры, форма боковых проекций, и др.) [1].

Наиболее распространенным является подход с использованием Скрытых Моделей Маркова (СММ). Методы распознавания жестов на основе СММ представляют каждый жест набором состояний, которые связаны с тремя вероятностями (начальное, переходное, наблюдение) вычисляемые из заранее подготовленных эталонов. СММ выбирают модель с наилучшей вероятностью и классифицируют жест к соответствующей категории. Хотя системы распознавания на основе СММ выбирают модель с наилучшей вероятностью, но не гарантируется, что шаблон действительно похож на опорный жест. Для того чтобы получить хорошие результаты, СММ должна быть хорошо обучена и настроена. Основными недостатками этого подхода является то, что для калибровки моделей требуется большое количество образцов и длительное время обучения.

Распознавание жестов в режиме реального времени остается сложной задачей из-за неопределенности в методах определения границ жестов. Подход, основанный на движении роя частиц, решает эту проблему, упрощая сегментацию жестов [5]. В предлагаемом подходе избегается преждевременная идентификация жеста, тем самым увеличивается точность результата распознавания. Данный распознаватель требует меньше вычислительных и временных ресурсов по сравнению с СММ и является хорошим кандидатом для реализации в приложениях, выполняющих распознавание в режиме реального времени.

### Постановка задачи

В данной работе проводится исследование эволюционного алгоритма оптимизации роя частиц (PSO). Выполняется адаптация алгоритма PSO под задачу распознавания динамических жестов, а также модификация оригинального алгоритма путем использования нормального распределения вероятностей в вычислении скорости движения частицы в пространстве поиска.

### Оптимизации с помощью роя частиц

Оптимизация роя частиц (PSO) – это метод стохастической оптимизации, основанный на популяции, разработанный доктором Эберхартом и доктором Кеннеди в 1995 году, которые вдохновились социальным поведением стаи птиц и рыб [2]. PSO имеет много общего с эволюционными методами вычисления, такими как генетические алгоритмы (ГА). Система инициализируется совокупностью случайных решений и ищет оптимальные параметры путем обновления эпох. Однако, в отличие от ГА, у PSO нет эволюционных операторов, таких как кроссовер и мутация. В PSO потенциальные решения, называемые частицами, двигаются через проблемное пространство, следуя текущим оптимальным частицам.

В PSO каждое отдельное решение может рассматриваться как частица в многомерном пространстве, которая движется с определенной скоростью. Скорость движения частицы постоянно изменяется в соответствии с параметрами частицы и соседними группами, которые перемещаются в проблемном пространстве [2].

Частица инициализируется следующими параметрами:

–  $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$  – позиция  $i$ -ой частицы;

–  $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})$  – текущая скорость движения  $i$ -ой частицы;

–  $P_i = (pBest_{i1}, pBest_{i2}, \dots, pBest_{in})$  – лучшая позиция частицы, которая относится к месту, где достигается оптимальное значение фитнес-функции.

Пусть  $f(x)$  – фитнес-функция, тогда лучшее значение  $i$ -ой частицы определено в формуле:

$$P_r(t+1) = \begin{cases} P_r(t) & f(X_i(t+1)) \geq f(P_r(t+1)) \\ X_i(t+1) & f(X_i(t+1)) < f(P_r(t+1)) \end{cases} \quad (1)$$

Лучшая позиция  $i$ -ой частицы обновляется в том случае, если новое значение фитнес-функции лучше, чем предыдущее. В противном случае остается без изменений.

Пусть  $M$  – группа всех частиц, а общая лучшая позиция среди всех частиц –  $gBest(t)$  представлена в выражении:

$$f(gBest(t)) = \min(f(P_0(t)), f(P_1(t)), \dots, f(P_M(t))). \quad (2)$$

На основании вышеприведенных определений, эволюционные формулы алгоритма PSO описаны в (3) и (4):

$$v_i(t+1) = v_i(t) + (c_1 \cdot rand() \cdot (pBest_i - x_i(t))) + (c_2 \cdot rand() \cdot (gBest - x_i(t))), \quad (3)$$

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t), \quad (4)$$

где  $v_i(t+1)$  – новая скорость для  $i$ -ой частицы,  $c_1$  и  $c_2$  – весовые коэффициенты,  $x_i(t)$  – это  $i$ -я позиция частицы во времени  $t$ ,  $pBest_i$  – это лучшая позиция  $i$ -ой частицы и  $gBest$  – лучшая позиция среди всех частиц. Функция  $rand()$  генерирует случайное число  $[0, 1]$ .

В (4) частица получает новую скорость из (3) и передвигается на новую позицию. Блок-схема алгоритма оптимизации роя частиц представлена на рис. 1.

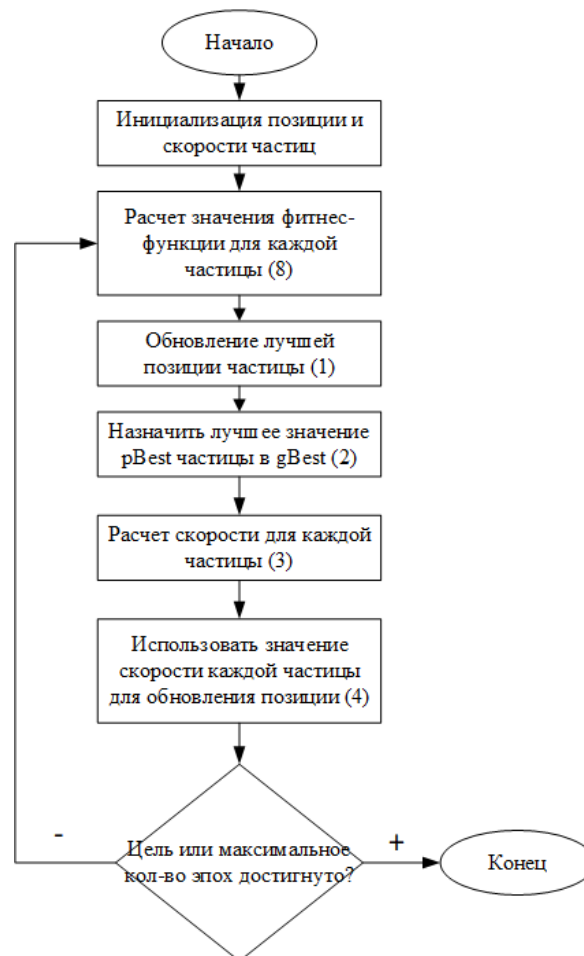


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма оптимизации роя частиц



Значение скорости частицы обычно ограничивается некоторым предопределенным значением. Максимальная скорость  $V_{max}$  в контексте оригинального алгоритма выбирается в интервале между 4 и 6.

### Метод дискретной оптимизации роя частиц

Оригинальный метод оптимизации роя частиц разработан для работы в непрерывном пространстве. Для поставленной задачи необходимо адаптировать метод для работы в дискретном пространстве с двоичными переменными [3].

В двоичном пространстве позиция частицы  $x_i(t)$  должна быть 0 или 1. Но скорость  $v_i(t)$  по-прежнему может быть любым числом. Поэтому для того, чтобы новая позиция  $x_i(t+1)$  была в дискретном пространстве, необходимо заменить формулу (4) на формулы (5) и (6):

$$Sig(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)}, \quad (5)$$

$$x_i(t+1) = \begin{cases} 0 & rand() \geq Sig(v_i(t+1)) \\ 1 & rand() < Sig(v_i(t+1)) \end{cases} \quad (6)$$

В (6)  $rand()$  – случайное число в диапазоне  $[0, 1]$ . Скорость  $v_i(t)$  может воздействовать на текущую позицию частицы  $x_i(t)$ , а также её направление, что позволяет алгоритму выполнять поиск в заданном пространстве. В дискретном PSO  $v_i(t)$  может только показывать вероятность изменения  $x_i(t)$ . Если позиция частицы в одном измерении 0, то вероятность того, что позиция инвертируется в 1 является  $Sig(v_i(t))$ , а в противоположном случае вероятность будет составлять  $1 - Sig(v_i(t))$ .

### Адаптация и модификация PSO для распознавания динамических жестов

Первым необходимым шагом для распознавания жестов и функционирования PSO (инициализация) необходимо представление жеста  $G$  в виде набора координат в двумерном пространстве (если запись жестов производится на 2D камеру). Каждая точка представлена набором координат  $g(t) = [x(t), y(t)]$  в  $G$  во времени  $t$  [4].

Все жесты преобразуются в частицы и образуют пространство поиска  $SP$  в (7). Также каждая частица инициализируется набором случайных позиций  $x_i(t)$  и скоростей  $v_i(t)$ .

$$SP = \{G_1 = [g_1, g_2, \dots, g_n], G_2, \dots, G_k\} \quad (7)$$

Фитнес-функция каждой частицы рассчитывается при помощи Эвклидова расстояния по формуле:

$$F(s, g) = \sqrt{(x_s - x_g)^2 + (y_s - y_g)^2}, \quad (8)$$

где  $s$  – текущая позиция частицы;  
 $g$  – координата в жесте  $G$ .

В данной работе предлагается модификация PSO алгоритма путем нормального распределения вероятностей в вычислении скорости  $v_i(t)$  движения частицы в пространстве поиска. Использование нормального распределения вероятностей предложено в [5], где применяется в вычислении оператора кроссовера в простом генетическом алгоритме. Результаты работы модифицированных алгоритмов превосходят результаты без применения данного подхода.

Стандартным нормальным распределением принято считать нормальное распределение с математическим ожиданием  $a = 0$  и стандартным отклонением  $\sigma = 1$ , плотность которого равна:

$$randN = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (9)$$

Модифицированная формула вычисления скорости частицы представлена в (10):

$$v_i(t+1) = v_i(t) + (c_1 \cdot randN() \cdot (pBest_i - x_i(t))) + (c_2 \cdot randN() \cdot (gBest - x_i(t))), \quad (10)$$

где  $randN$  – нормально распределенное случайное число, которое ограничено действительным числом с математическим ожиданием, дисперсией и стандартным отклонением, описанное выше.

График зависимости скоростей частиц  $v_i$  от случайного числа в диапазоне  $[0, 1]$  с использованием формулы расчета скорости (3) из оригинального алгоритма PSO представлен на рис. 2.

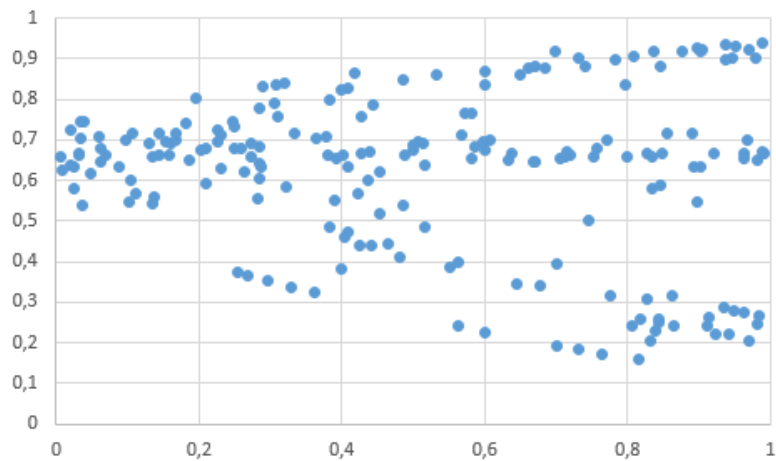


Рисунок 2 – Скорости частиц, полученные по формуле (3)

График зависимости скоростей частиц  $v_i$  с использованием нормального распределения (9) в модифицированной формуле вычисления скорости частицы (10) представлен на рис. 3.

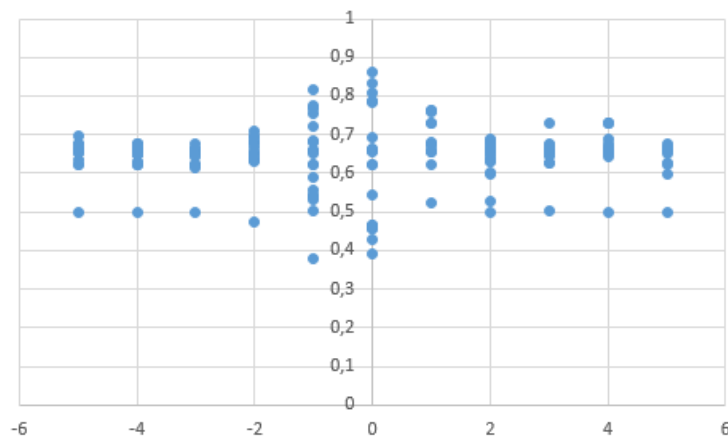


Рисунок 3 – Скорости частиц, полученные по формуле (10)



Таким образом, нормальное распределение вероятностей в модифицированном способе вычисления скорости создает более натуральное распределение, тем самым увеличивает «генетическое разнообразие» популяции. Это приемлемое решение для получения более успешных результатов.

### Выводы

В работе проведено исследование эволюционного алгоритма оптимизации роя частиц (PSO), а также выполнена адаптация алгоритма под задачу распознавания динамических жестов. Предложена модификация алгоритма PSO путем использования нормального распределения вероятностей в вычислении скорости движения частицы в пространстве поиска. Результаты работы модифицированного алгоритма превосходят результаты без применения данного подхода.

Главными недостатками существующих методов являются чувствительность к изменениям освещения, потребность обучения системы для каждого оператора, невысокое качество распознавания жестов и небольшая скорость распознавания. Для распознавания сложных жестов рук необходимо использовать специализированные устройства ввода, а также проводить настройку и обучение программных средств. Но для динамических жестов, где важно только знать траекторию движения руки (влево, вправо, вверх, вниз) достаточно использовать несложные математические алгоритмы. Актуальной является задача создания новых моделей, методов и алгоритмов распознавания жестов руки, которые могут быть использованы для создания систем бесконтактного человеко-машинного взаимодействия.

Таким образом, метод движения роя частиц может с правильно подобранной и настроенной модификацией может применяться для задачи распознавания динамических жестов, где необходима максимальная точность и эффективность распознавания. По сравнению с ГА преимуществом PSO является то, что PSO легче реализовать, и требуется меньше параметров для настройки. PSO успешно применяется во многих областях: оптимизация функций, обучение искусственной нейронной сети и другие области, где может применяться ГА.

### Литература

1. Терехин, А. В. Алгоритмы определения безразмерных признаков изображений проекций трехмерных объектов и их распознавание / Терехин А. В. // ВлГУ. – 2015. – 187 с.
2. Eberhart, R. C. A new optimizer using particle swarm theory [Текст] / R. C. Eberhart, J. Kennedy // Proceedings of the Sixth International Symposium on Micromachine and Human Science. – 1995. – pp. 39-43.
3. Eberhart, R. C. A discrete binary version of the particle swarm algorithm [Текст] / R. C. Eberhart, J. Kennedy // Proceedings of the IEEE International Conference on Systems. – 1997. – pp. 4104-4108.
4. Wei, Z. Network Coverage Optimization Strategy in Wireless Sensor Networks Based on Particle Swarm Optimization [Текст] / Z. Wei, F. Zihao // Bachelor's Thesis in Electronics. – 2011. – P. 7.
5. Nyirarugira, C. Hand Gesture Recognition Using Particle Swarm Movement [Текст] / C. Nyirarugira, H. Choi, T. Kim // Mathematical Problems in Engineering. – 2016. – pp. 1-4.
6. Ladkany G. S. A Genetic Algorithm with Weighted Average Normally-Distributed Arithmetic Crossover and Twinkling [Текст] / G. S. Ladkany, T. B. Mohamed // Applied Mathematics. – 2012. – pp. 1220-1235.



УДК 004.91

## КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННАЯ ПОДСИСТЕМА УЧЕТА ТЕКУЩЕЙ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТА В УСЛОВИЯХ ВУЗА

Потовиченко М. А.\*, Привалов М. В.\*, Корнев С. В.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления

\*\* Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Севастопольский государственный университет»

E-mail: [study@meowdy.ru](mailto:study@meowdy.ru)

### **Аннотация:**

*Потовиченко М. А., Привалов М. В., Корнев С. В. Компьютеризированная подсистема учета текущей успеваемости студента в условиях вуза. В статье рассматривается разработка программного продукта, обеспечивающего учёт данных о посещениях занятий и защите работ студентами, ведение ведомостей межсессионного контроля.*

### **Annotation:**

*Potovichenko M. A., Privalov M. V., Kornev S. V. Computerized subsystem of the accounting of the current progress of the student in the university. Article describes development of the software product that provides accounting of visit and progress data of students and automatic formation of inter-sessional control.*

**Постановка проблемы.** Рассматриваемым объектом компьютеризации является учет текущей успеваемости студентов в условиях высшего учебного заведения, к которой относится учет посещаемости студентов, учет сданных лабораторных, курсовых, контрольных работ в процессе обучения, курсовых проектов, а также результатов межсессионного контроля. Помимо этого, востребована привязка текущей успеваемости к промежуточному контролю: определение допусков, поощрений, анализ успеваемости.

На сегодняшний день применение ручного способа учета успеваемости студентов, являющегося самым распространенным в данное время в вузах, имеет низкую эффективность и ряд недостатков, к основным из которых можно отнести:

- низкую оперативность сведений, обусловленную разрозненным хранением информации в бумажном виде;
- большими затратами времени на ведение бумажного документооборота;
- сложность статистического анализа информации.

Развитие данной технологии учета с автоматизацией основных процессов позволило бы сократить затраты времени, которые требуются для формирования отчетных данных, например, расчет общего количества пропусков каждого учащегося, выставление межсессионного контроля (МСК), определения допусков к промежуточному контролю и поощрений продуктивно учащихся студентов.

**Цель работы** – повышение оперативности и снижение трудоёмкости учёта текущей успеваемости, допусков и поощрений за счёт разработки программного обеспечения учета текущей успеваемости студентов.

**Архитектура.** В качестве архитектуры проектируемой системы выбрана трёхзвенная Интернет-архитектура, содержащая три компонента самого верхнего уровня: Web-приложение (front-end), сервер приложений со встроенным Web-контейнером (back-end) и систему управления базами данных (СУБД). Front-end и back-end состоят из компонентов «Журнал», «Расписание» и «Справочники», которые представлены соответствующими модулями и сервисами на клиенте и на сервере. Клиентское приложение функционирует

на базе браузера, а серверное – внутри Web-контейнера. Для того, чтобы снизить количество низкоуровневой работы с СУБД предлагается, в свою очередь, разделить back-end на следующие слои: слой бизнес-логики и слой сохранения, причём, последний, должен быть реализован с применением каркаса объектно-реляционного отражения (ORM). В настоящее время ORM-каркасы являются де-факто стандартной технологией, применяемой в информационных системах, а их гибкость и производительность – более чем достаточной. Клиентское веб-приложение основано на шаблоне проектирования Model-View-Controller (MVC). MVC – схема разделения данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер так, что модификация каждого компонента может осуществляться независимо [1].

Взаимодействие клиента и back-end предполагается организовать на базе открытых протоколов и стандартов по принципам сервис-ориентирования. Хорошо зарекомендовавшим себя решением является применение REST-служб поверх протокола HTTP(S) [6]. В нашем случае всё взаимодействие Web-клиента будет осуществляться исключительно со слоем REST-служб, реализованных в серверном приложении. Для этого в Web-клиент введен слой REST-клиентов, предоставляющих все необходимые операции модулям и сервисам. Полученный таким образом слой абстракции позволит практически полностью отделить бизнес-логику от представления и его технологий.

С учётом данных соображений, архитектура системы имеет вид, показанный на рис. 1.

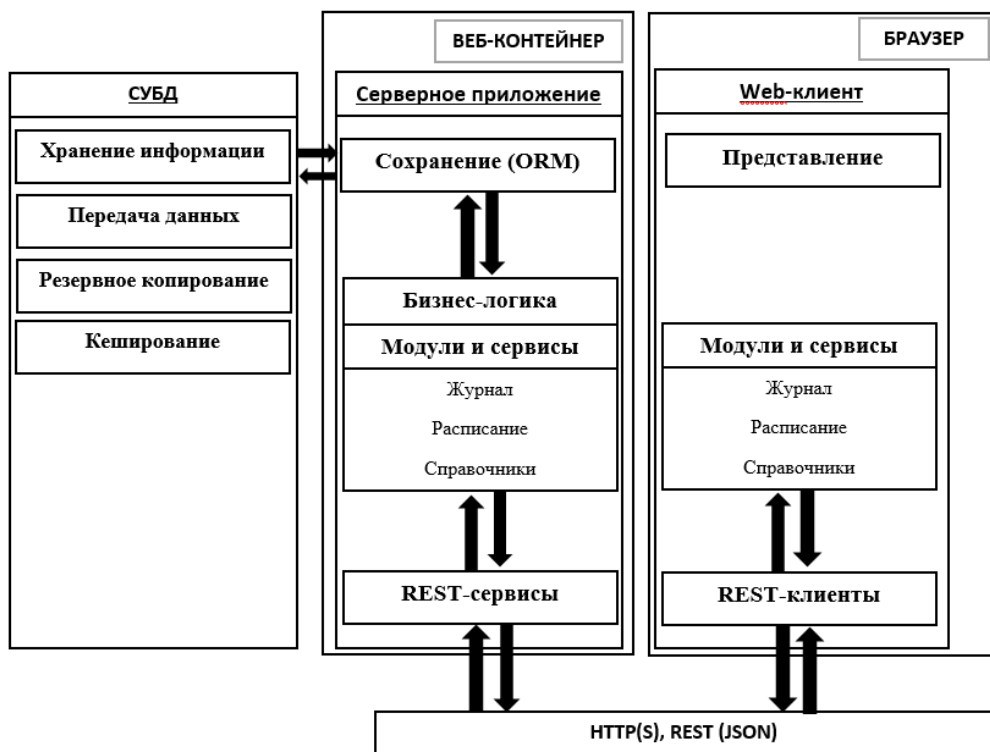


Рисунок 1 – Архитектура подсистемы учёта текущей успеваемости студента

**Выбор инструментальных средств и технологий.** Для реализации серверной части программы используется язык программирования Java. Программы на Java транслируются в байт-код Java, выполняемый виртуальной машиной Java (JVM). Достоинством подобного способа выполнения программ является полная независимость байт-кода от операционной системы и оборудования, что позволяет выполнять Java-приложения на любом устройстве, для которого существует соответствующая виртуальная машина. Другой важной особенностью технологии Java является гибкая система безопасности, в рамках которой исполнение программы полностью контролируется виртуальной машиной [2].

Для реализации серверного приложения и RESTful-служб предлагается использовать Spring Framework с компонентами Spring Boot, Spring IoC, Spring Data и Spring Security. Spring предоставляет большую свободу Java-разработчикам в проектировании; кроме того, он предоставляет хорошо документированные и лёгкие в использовании средства решения проблем, возникающих при создании приложений корпоративного масштаба. Между тем, особенности ядра Spring применимы в любом Java-приложении, и существует множество расширений и усовершенствований для построения веб-приложений на Java Enterprise платформе [3]. При всём этом, Spring уже содержит популярный и производительный Web-контейнер Tomcat, на базе которого будут развёрнуты REST HTTP службы, в соответствии с архитектурным паттерном REST [6], а механизмы безопасности полностью покрываются Spring Security.

В качестве реализации ORM-слоя с поддержкой Java Persistence API (JPA) предлагается использовать популярный каркас Hibernate. Он предоставляет полноценную реализацию JPA, полностью совместимую с компонентом Spring Data, что на порядок облегчает работу с реляционными данными в виде объектной модели.

Так как в качестве протокола обмена выбран протокол JSON поверх стандартных протоколов HTTP и HTTPS, то необходим удобный, легковесный и полнофункциональный сериализатор-десериализатор JSON, каковым является популярный проект Jackson.

Для создания веб-приложения используется AngularJS – JavaScript-фреймворк с открытым исходным кодом. Его цель – расширение браузерных приложений на основе MVC-шаблона, а также упрощение тестирования и разработки. HTML – стандартизированный язык разметки документов во Всемирной паутине. CSS – формальный язык описания внешнего вида документа, написанного с использованием языка разметки [4].

В разрабатываемой системе используется PostgreSQL, которая представляет собой свободная объектно-реляционную систему управления базами данных (СУБД) [5]. Сильными сторонами PostgreSQL считаются:

- высокопроизводительные и надёжные механизмы транзакций и репликации;
- расширяемая система встроенных языков программирования;
- наследование;
- легкая расширяемость.

**Разработка.** Для реализации поставленной задачи была создана информационная модель, содержащая таблицы, разделенные на 2 типа: для хранения нормативно-справочной информации и для хранения оперативной информации (табл. 1 и 2). Связи между данными таблицами показаны на схеме логической модели данных, приведенной на рис. 2.

Таблица 1 – Таблицы, предназначенные для хранения нормативно-справочной информации

Название таблицы	Описание
tФакультеты	Список факультетов института
tКафедры	Список кафедр университета
tГруппыСтудентов	Список групп студентов определенной кафедры
tСтуденты	Список студентов
tПреподаватели	Список преподавателей
tРоль	Список ролей аккаунтов
tПредметы	Список предметов
tФормыОбучения	Список форм обучения
tВидыРабот	Список видов работ
tЗвонки	Список занятий и их время начала
tСписокРаботПоПредмету	Список запланированных работ по дисциплине



Таблица 2 – Таблицы для хранения оперативной информации

Название таблицы	Описание
тАккаунт	Содержит список зарегистрированных аккаунтов
тРасписание	Содержит данные о расписании преподавателей и групп студентов
тЗаписиУспеваемости	Содержит даты заполнения информации о выполненных работах
тРаботыСтудентов	Содержит список выполненных работах студентов
тЗаписиПосещаемости	Содержит даты заполнений и отметку посещаемости студента

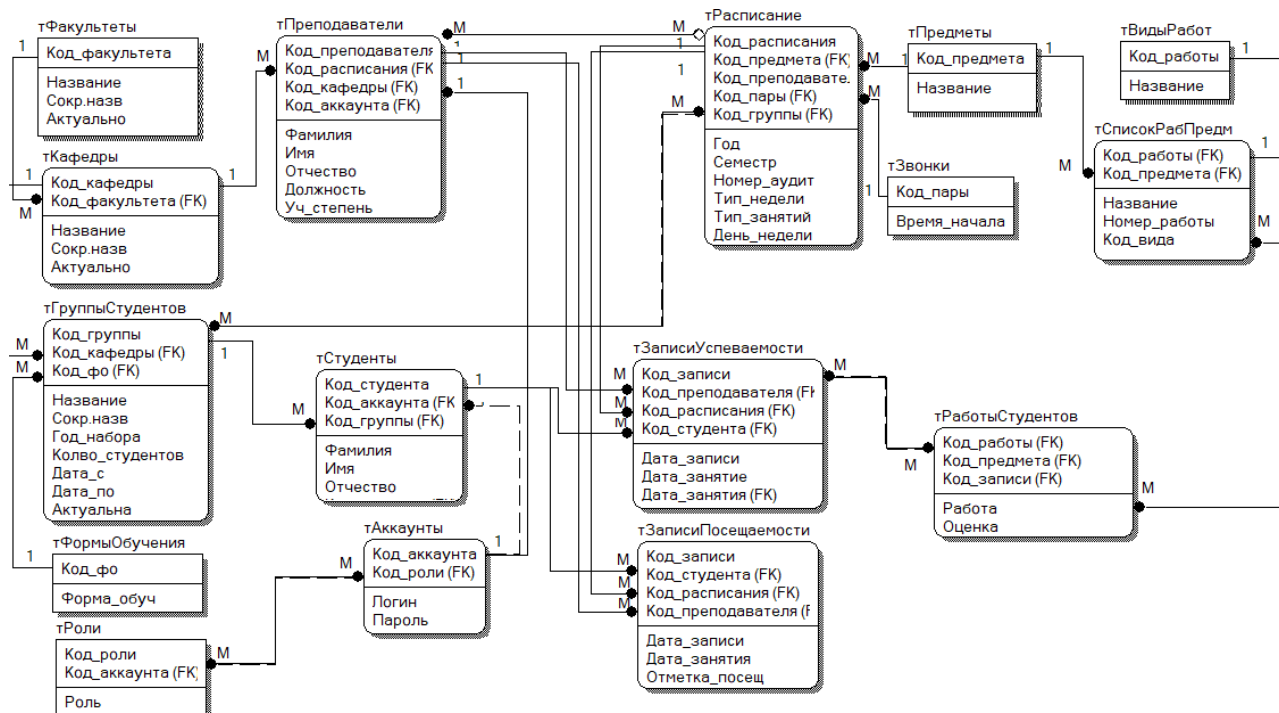


Рисунок 2 – Логическая модель данных подсистемы

Информация в таблицах тФакультеты, тКафедры, тРоли, тВидыРабот, тПредметы, тЗвонки, тСписокРабПредм, тФормыОбучения заносится однократно, но могут дополняться и изменяться в течении всего учебного процесса по мере необходимости. Данные в таблицах тГруппыСтудентов, тСтуденты, тСвязьРасписаниеПрепод, тСвязьРасписаниеГрСт, тРасписание пополняются в начале каждого учебного семестра. В таблицы тАккаунты и тРольАккаунт добавляются записи тогда, когда староста либо преподаватель регистрируются в системе. Во время учебного процесса таблицы тЗаписиУспеваемости, тРаботыСтудентов, тСвязьСданныеРаботы обновляются и дополняются ежедневно, поэтому они являются таблицами с наибольшим количеством записей и размером.

**Анализ работы ПО.** В начале работы с программой пользователю необходимо войти в систему, используя логин и пароль, либо зарегистрироваться. После успешной авторизации в зависимости от прав пользователя предоставляются соответствующие возможности в программе. Если пользователь вошел в систему как староста, он может посмотреть текущую успеваемость своей группы по каждой дисциплине и расписание. Также он может посмотреть результаты межсессионного и промежуточного контролей. Староста в начале каждого занятия заполняет журнал посещений по соответствующей дисциплине, данные передаются на редактирование преподавателю. Если пользователь вошел в систему как преподаватель, он может просматривать и редактировать журналы групп по своим дисциплинам и расписание.



В начале каждого занятия преподаватель может получить данные о посещении текущей дисциплины, заполненные старостой группы, отредактировать их по мере необходимости и сохранить. Если староста отсутствует на занятии, преподаватель может ввести отметки о пропусках самостоятельно. Так же во время занятия преподаватель может ввести информацию о защищённых работах студентов по дисциплине. Данные сохраняются в базе данных и на их основе дополняется существующий электронный журнал успеваемости на сайте.

Для получения результатов межсессионного контроля преподаватель устанавливает критерии на основании запланированной учебной нагрузки по дисциплине. Критерием могут служить: количество выполненных работ или количество пропусков студента. На их основе формируется предварительный список аттестаций, при необходимости преподаватель может его редактировать и сформировать отчет.

Преподаватель может сформировать список допущенных к промежуточному контролю с помощью установки критериев допуска, аналогично МСК. Эти данные будут учитываться совместно с деканатской ведомостью. А также заполнить ведомость результатами экзаменов.

**Эффективность внедрения ПО.** Внедрение системы позволяет сократить время и трудозатраты на работу с данными о текущей успеваемости, обеспечить их целостность и защиту. Создание электронного журнала даст возможность просматривать старостам текущую успеваемость своей группы по дисциплинам. Система облегчит процесс обмена данными между преподавателями и деканатами. Автоматизация формирования ведомостей и выставления МСК уменьшит количество «механических» ошибок.

### Выводы

В ходе работы была спроектирована подсистема, обеспечивающая учет текущей успеваемости студентов, а также автоматизацию выставления межсессионного контроля. Предложено построить систему на основе трёхзвенной Интернет-архитектуры с применением сервис-ориентирования и архитектурного паттерна REST. Данная подсистема может в дальнейшем дорабатываться и развиваться за счёт её построения на гибких и открытых каркасах Spring Framework, Hibernate, AngularJS.

### Литература

1. Model-View-Controller // Wikipedia [электронный ресурс], [2017]. Режим доступа: [www / URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Model-View-Controller](https://ru.wikipedia.org/wiki/Model-View-Controller)
2. Java // Wikipedia [электронный ресурс], [2017]. Режим доступа: [www / URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Java](https://ru.wikipedia.org/wiki/Java)
3. Spring Framework // Wikipedia [электронный ресурс], [2017]. Режим доступа: [www / URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Spring\\_Framework](https://ru.wikipedia.org/wiki/Spring_Framework)
4. Angular // Wikipedia [электронный ресурс], [2017]. Режим доступа: [www / URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/AngularJS](https://ru.wikipedia.org/wiki/AngularJS)
5. PostgreSQL // Wikipedia [электронный ресурс], [2017]. Режим доступа: [www / URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/PostgreSQL](https://ru.wikipedia.org/wiki/PostgreSQL)
6. Коношенко В. О., Привалов М. В. Проектирование архитектуры компьютеризированной подсистемы управления работой службы такси // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование в рамках III форума «Инновационные перспективы Донбасса» (ИУСМКМ – 2017): VIII Международная научно-техническая конференция, 25 мая 2017, г. Донецк: / Донец. национал. техн. ун-т; редкол. Ю. К. Орлов и др. – Донецк: ДонНТУ, 2017. – 802 с – С. 301-306



УДК 517.984.7

## КРЕЙНОВСКОЕ РАСШИРЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ЧЁТНОГО ПОРЯДКА

Институт прикладной математики и механики  
отдел уравнений в частных производных  
E-mail: [yarvodoley@mail.ru](mailto:yarvodoley@mail.ru)

**Аннотация:**

**Грановский Я. И.** Крейновское расширение дифференциального оператора чётного порядка. Описывается крейновское расширение минимального оператора, ассоциированного с выражением  $A = (-1)^n d^{2n}/dx^{2n}$  на отрезке  $[a, b]$ , в терминах граничных условий.

**Annotation:**

**Granovskiy Ya. I.** Krein extension of an even order differential operator. We describe the Krein extension of the minimal operator associated with the expression  $A = (-1)^n d^{2n}/dx^{2n}$  on the interval  $[a, b]$  in terms of boundary conditions.

**Введение**

Пусть  $A$  – полуограниченный симметрический оператор в сепарабельном пространстве  $H$ . Хорошо известно, что оператор  $A$  имеет самосопряжённые расширения с сохранением нижней границы [1, гл. VIII]. Во множестве  $\text{Ext}_A(0, \infty)$  всех неотрицательных самосопряжённых расширений оператора  $A$  существуют два «экстремальных» расширения  $\hat{A}_F$  и  $\hat{A}_K$ , выделяемые неравенствами  $(\hat{A}_F + x)^{-1} \leq (\tilde{A} + x)^{-1} \leq (\hat{A}_K + x)^{-1}$  для всех  $x \in (0, \infty)$  и любого  $\tilde{A} \in \text{Ext}_A(0, \infty)$ . Расширение  $\hat{A}_F$  называется фридрихсовым (или «жёстким» расширением), а расширение  $\hat{A}_K$  называется крейновским (или «мягким» расширением).

В случае  $A > \varepsilon I > 0$  М. Г. Крейн показало [2, ч. I], что  $\hat{A}_K = A^* \upharpoonright (\text{dom} A + \ker A^*)$ .

В случае  $A \geq 0$  расширения  $\hat{A}_F$  и  $\hat{A}_K$  в терминах абстрактных граничных условий впервые описаны в работе [3]. Именно, там показано, что

$$\begin{aligned} \text{dom} \hat{A}_K &= \{f \in \text{dom} A^* : \Gamma_1 f = M(0)\Gamma_0 f\}, \\ \text{dom} \hat{A}_F &= \{f \in \text{dom} A^* : \Gamma_1 f = M(-\infty)\Gamma_0 f\}, \dots \end{aligned} \tag{1}$$

где  $M(0) = M(0-)$  – предельное значение функции Вейля в нуле, а  $M(-\infty)$  – предельное значение функции Вейля в минус бесконечности.

Описание фридрихсова расширения вне связи с соотношениями (1) известно во многих случаях. Например, для обыкновенных дифференциальных операторов на конечном промежутке и полуоси расширение  $\hat{A}_F$  приводит к задаче Дирихле. М. Г. Крейн описано [2, ч. II] фридрихсово расширение дифференциального оператора порядка  $2n$  на конечном интервале. Для сингулярного оператора Штурма-Лиувилля вида  $\tau u = \left(\frac{1}{k}[-(pu)'] + qu\right)$

в пространстве  $L^2(\mathbb{R}_+)$  фридрихсово расширение описано в работе [4]. В работе [5] найдена связь крейновского расширения положительно определённого оператора с оператором абстрактной задачи продольного изгиба. Изучение крейновского расширения для различных классов эллиптических задач содержится в работах [6, 7, 8] (см. также приведённую в них библиографию). Однако задача явного нахождения предельного значения  $M(0)$  является нетривиальной даже в случае положительно определённого оператора. В некоторых случаях это значение известно, например, [9, 10] оператор Бесселя, [11] оператор  $Au = (-1)^n u^{(2n)}$  в  $L^2(\mathbb{R}_+)$ .

В настоящей работе исследуется минимальный оператор  $A := A_{min}$ , ассоциированный с выражением

$$A = (-1)^n \frac{d^{2n}}{dx^{2n}}, \quad \text{dom} A = W_0^{2n,2}[a,b], n \in \mathbb{N} \quad (2)$$

на отрезке  $[a,b]$ , и описывается его крейновское расширение в терминах граничных условий.

**Основной результат** данной работы содержит следующая теорема.

**Теорема.** Пусть  $A$  – минимальный оператор, определённый выражением (2). Тогда область определения крейновского расширения  $\hat{A}_K$  имеет вид:

$$\text{dom} \hat{A}_K = \left\{ f \in W^{2n,2}[a,b] : \begin{pmatrix} f^{(2n-1)}(b) \\ \dots \\ f(b) \end{pmatrix} = T \begin{pmatrix} f^{(2n-1)}(a) \\ \dots \\ f(a) \end{pmatrix} \right\}, \quad (3)$$

где  $T$  – трёхугольная матрица, определяемая равенством

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ b-a & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{(b-a)^{2n-1}}{(2n-1)!} & \frac{(b-a)^{2n-2}}{(2n-2)!} & \dots & b-a & 1 \end{pmatrix} \in \mathbb{C}^{2n \times 2n} \quad (4)$$

### Литература

1. Ахиезер Н. И., Глазман И. М. Теория линейных операторов в гильбертовом пространстве. М., 1996.
2. Крейн М. Г. Теория самосопряжённых расширений полуограниченных эрмитовых операторов и её приложения. I, II // Мат. сб. 1947. № 20. С. 431 – 495; № 21. С. 365 – 404.
3. Derkach V. A., Malamud M. M. Generalized resolvent and the boundary value problems for Hermitian operators with gaps // J. Funct. Anal. 1991. V. 95. № 1. P. 1 – 95.
4. Kalf H. A Characterization of the Friedrichs Extension of Sturm-Liouville Operators // J. London Math. Soc. 1978. V. 17. № 2. P. 511 – 521.
5. Ashbaugh M. S., Gesztesy F., Mitrea M., et all. The Krein-von Neumann extension, its connection to an abstract buckling problem // Math. Nachr. 2010. V. 283. № 2. P. 165 – 179.
6. Ashbaugh M. S., Gesztesy F., Mitrea M., Teschl G. Spectral theory for perturbed Krein Laplacians in nonsmooth domains // Adv. Mth. 2010. V. 223. P. 1372 – 1467.
7. Gesztesy F., Mitrea M. A description of all self-adjoint extensions of the laplacian and Krein-type resolvent formulas on non-smooth domains // J. Analyse Math. 2011 V. 113. P. 53 -172.
8. Malamud M. M. Spectral theory of elliptic operators in exterior domains // Russ. J. Math. Phys. 2010. V. 17. P. 96 – 125.
9. Ananieva A. Yu., Budyika V. S. To the spectral theory of the Bessel operator on finite interval and half-line // J. of Math. Scien. 2015. V. 211. № 5. P. 624 – 645.
10. Bruneau L., Dereziński J., Georgescu V. Homogeneous Schrödinger Operators on the Half-Line // Ann. Henri Poincare. 2011. V. 12. P. 547 – 590.
11. Lunyov A. A. Spectral functions of the simplest even order ordinary differential operator // J. Methods Funct. Anal. Topology. 2013. V. 19. № 4. P. 319 – 326.

УДК 336.012.23

## МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Медведева М. А., Глумова Ю. Э.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»

E-mail: [Glumova.iuliya@yandex.ua](mailto:Glumova.iuliya@yandex.ua)

### **Аннотация:**

*Медведева М. А., Глумова Ю. Э. Методика построения концептуальной модели логистической системы на основе имитационного моделирования. Современные высокотехнологичные коммерческие симуляторы являются весомым аналитическим инструментом, вобравшим в себя большой перечень новейших информационных технологий, включая развитые графические оболочки с целью конструирования моделей и интерпретации выходных результатов моделирования, а также мультимедийные средства и видео, поддерживающие анимацию в реальном масштабе времени.*

### **Annotation:**

*Medvedeva M. A., Glumova I. E. Methods of constructing a conceptual model of the logistics system based on simulation. Modern high-tech commercial simulators are a powerful analytical tool, which includes a large list of the latest information technologies, including developed graphical shell to design models and interpret the output of simulation results, as well as multimedia tools and video supporting animation in real time.*

### **Постановка проблемы**

Имитационное моделирование является эффективным и зачастую единственным методом исследования и решения сложных управленческих проблем. В условиях возрастающей структурной и функциональной сложности объектов управления для принятия эффективных управленческих решений знаний и интуиции экспертов недостаточно, чтобы оценить последствия реализации того или иного решения. Сложные системы контринтуитивны, состоят из множества взаимосвязанных элементов, в которых действует большое количество факторов стохастической природы и неопределенности, причина и следствие в таких системах разнесены во времени и пространстве, краткосрочные решения требуют согласования с долгосрочными прогнозами.

Компьютерная модель является инструментом в руках топ-менеджера, государственного служащего, ответственного за выработку и принятие управленческих решений, также она позволяет поверять проектные и другие решения, когда реальный объект еще не существует, а только разрабатывается или проектируется. Имитационное моделирование применяется в тех случаях, когда эксперимент с реальной системой невозможен или слишком дорог, как в случае с крупномасштабными техническими или социально-экономическими системами.

В сфере бизнеса и управления имитационное моделирование используется в широком диапазоне – от операционного и производственного менеджмента до стратегического, в управленческом и ИТ-консалтинге. Во всем мире бизнес-планирование любого хозяйственного объекта осуществляется на основе его имитационной модели. Решения на основе имитационного моделирования востребованы в отраслевых проектах, государственном и территориальном управлении.

### Изложение основного материала

Имитационное моделирование – эффективный метод решения задач анализа и синтеза сложных систем, методологической основой которого является системный анализ, именно поэтому в ряде источников наряду с термином «имитационное» специалистами используется термин «системное моделирование», а саму технологию системного моделирования призваны осваивать системные аналитики.

Современные высокотехнологичные коммерческие симуляторы являются мощным аналитическим средством, вобравшим в себя весь арсенал новейших информационных технологий, включая развитые графические оболочки для целей конструирования моделей и интерпретации выходных результатов моделирования, мультимедийные средства и видео, поддерживающие анимацию в реальном масштабе времени, объектно-ориентированное программирование, интернет-решения и др. В силу своей привлекательности и доступности технологии имитационного моделирования перестают рассматриваться только с научной точки зрения, а перетекают в практику и осваиваются ИТ-специалистами и менеджментом компаний.

Логистические процессы (процессы транспортировки, складирования и перевалки грузов и товаров) встречаются не только на предприятиях, которые традиционно называют логистическими (торговые и транспортные предприятия, складские объекты), но также и на производстве, строительстве, больничных комплексах, больших общественных зданиях, а также других системах, где наблюдается движение большого количества материальных объектов.

С помощью моделирования могут изучаться процессы как внутренней, так и внешней логистики предприятия. К внутренней логистике относится перемещение объектов внутри всей территории предприятия или в отдельных его подразделениях.

Для решения задач внутренней логистики традиционно создаются следующие виды моделей:

- модели систем транспортировки грузов по территории предприятия с помощью мобильных средств (погрузчиков, трейлеров и т. п.);
- модели стационарных напольных и подвесных систем транспортировки грузов (кранов и конвейеров различной конструкции);
- модели процессов на складах: приём грузов, перемещение грузов в зоны хранения и обратно, отбор, комплектация, упаковка и отправка грузов;
- модели производственных линий и сборочных конвейеров.

К внешней логистике относится перевозка грузов и товаров между различными географическими пунктами с применением обычных средств транспорта: автомобильного, железнодорожного, речного, морского и воздушного. Чаще всего модели процессов внутренней и внешней логистики создаются и исследуются отдельно друг от друга, но в некоторых случаях создаются и комплексные модели. Например, на предприятии оптовой торговли (в центре распределения товаров) к внешней логистике относится поставка товаров на склады предприятия, перевозка товаров между складами самого предприятия, а также со складов предприятия к клиентам. Процессы обработки товаров на складах предприятия должны рассматриваться как процессы внутренней логистики.

Наиболее популярными закрепившимися в современных инструментальных решениях парадигмами моделирования, нашедшими широкое применение в управлении, являются дискретное (процессно-ориентированный подход), системная динамика, агентное моделирование. Если дискретное имитационное моделирование стало основой инжиниринговой деятельности в анализе и оптимизации бизнес-процессов, производственных и логистических систем, то системная динамика и агентное моделирование только приобретает популярность среди управленцев, пытающихся повысить эффективность своего бизнеса.





Имитационное моделирование предприятий сегодня является наиболее перспективной и быстро развивающейся сферой применения имитационного моделирования для бизнеса и корпораций.

**Основные сферы применения дискретного имитационного моделирования в менеджменте:** имитационное моделирование бизнес-процессов; имитационное моделирование дискретных производственных систем; логистика складских комплексов; комплексное управление логистическими процессами на основе имитационной модели, управление цепочками поставок; цифровое производство [1, 2].

Известно большое количество решений на основе дискретного имитационного моделирования в области операционного, тактического и стратегического планирования и развития производственных и логистических систем, цепочек поставок. Модули планирования реализуются в контуре ERP, SCM, APS, BPM-систем управления предприятия. Без этого невозможна реализация базовых технологий «точно в срок». Часто метод имитационного моделирования применяют при проектировании и реинжиниринге логистической сети как существующей, так и новой системы, в рамках консалтинга или логистического аудита.

Отметить преимущества применения имитационного моделирования для логистических систем:

- комплексное понимание процессов и характеристик логистической цепи с помощью графиков и развитой анимации;

- задачи управления в логистической системе являются достаточно объемными и сложными для формализации, поэтому практическая реализация математической модели принятия решений в общем виде является проблематичной, так как присутствует значительное число внутренних связей, и система обладает большой размерностью;

- возможность учитывать стохастическую природу и динамику многих факторов внешней и внутренней среды; пользователь получает возможность моделировать случайные события, используя распределения вероятностей, в конкретных областях и выявлять их влияния на логистическую цепь;

- возможность воспроизводить динамику системы, отражать динамический характер логистических процессов, обилие временных и причинно-следственных связей (требования потребителей, как правило, имеют вероятностный и динамический характер, текущий уровень запаса на складе является динамическим параметром и т. п.);

- применение многошаговой процедуры проектирования позволяет учитывать сложность принятия решений, большое количество решающих правил и критериев оптимизации;

- в большинстве случаев в распоряжении лица, принимающего решения, в логистической системе имеется несколько альтернатив (допустимых решений);

- обеспечение минимизации риска изменения плана путем предварительного анализа и моделирования возможных сценариев развития событий в цепи поставок.

Суть цепи поставок – перенос во времени и пространстве некоторого объема материала. Имитационная модель позволяет описать и продемонстрировать движущиеся материальные потоки, их сложное взаимодействие с информационными и финансовыми потоками. Логистическую сеть можно представить в виде ориентированного графа (стохастической сети), ребра которого представляют различные потоки, а вершины – звенья сети. За элемент потока принимают активность – аналог подвижной материальной сущности, некоторую абстрактную неделимую единицу, обладающую определенным количеством сохраняемых характеристик, таких как объем поставки. Звенья логистической сети могут производить различные действия с активностями. Особенностью логистических систем является то, что многие виды ресурсов являются в них мобильными объектами (средства транспортировки и перемещения грузов). В построенной таким образом имитационной



модели описываются процессы передвижения и накопления грузов и товаров в сети, задаются параметры, которые определяют ее состояние и меняются во времени по заданным операционным правилам. Такой способ представления логистической системы в дискретной имитационной модели позволяет детально описывать конфигурации и топологию логистических систем, с детализацией характеристик и правил обработки и транспортировки материальных потоков в отдельных узлах сети, что исключительно полезно в условиях проектирования оптимальной топологии и конфигурации системы и уточнения отдельных решений, связанных с выбором стратегий транспортировки, дистрибьюции, политик управления закупками, запасами и многих других в контексте комплексного решения по формированию и стратегической оптимизации цепи поставок.

В инжиниринговой практике широко применяются решения на основе дискретного имитационного моделирования для обоснования планировочных решений и инвестиционного планирования строящихся логистических комплексов и проектирования инфраструктуры логистических центров, технологического проектирования складских комплексов. Строительство и оснащение современных складских комплексов необходимым оборудованием и техникой требует значительных инвестиций. Поэтому очень важно еще до начала строительства правильно провести проектирование склада. Проектирование склада – сложный многоступенчатый процесс. Он ведется с учетом множества параметров во взаимодействии с заказчиком и строительными проектными организациями. Имитационная модель полезна при реконструкции или строительстве нового склада на этапе формирования проекта, при проектировании инфраструктуры логистического центра, а также позже при технологическом проектировании и оснащении построенного складского комплекса. Имитационная модель позволяет подсказать, как оптимизировать затраты инвестора. Проектирование инфраструктуры складского комплекса включает:

- Построение складского комплекса с максимальной вместимостью и производительностью с размещением на заданном участке земли, на основе анализа топологической схемы участка, где существует множество ограничений, с учетом расположения инженерных и транспортных коммуникаций.

- Выбор вариантов расположения и размеров маневровых площадок с возможностями парковки автомобилей, КПП, определение количества мест парковки на территории склада для транспорта, реализующего внешние грузопотоки, и рациональное количество мест парковки непосредственно к грузовой рампе.

- Определение необходимых площадок для зон приемки, сортировки, комплектации и хранения грузов.

- Определение необходимых ресурсов и размеров функциональных зон и т. п.

Имитационная модель позволяет увидеть (с помощью двух-трехмерной анимации) и проанализировать работу будущего склада до завершения его строительства и, в случае необходимости, внести коррективы в проект склада. Наиболее сложными, но при этом и наиболее значимыми для практики, являются на сегодняшний день модели двух типов логистических систем с сетевой структурой: а) сетей (цепей) поставок и б) сетей распределения и продажи продукции. Первый тип сетей применяется для реализации процессов в области материально-технического снабжения производства, особенно, сложного многоступенчатого распределённого производства. Второй тип сетей применяется как в системах реализации продукции крупных предприятий-производителей, так и в торговых системах.

### **Построение концептуальной сетевой модели логистической системы**

В любом исследовании, связанном с применением имитационного моделирования, можно выделить три этапа:

1. разработка концептуальной модели;

2. реализация модели с использованием пакета имитационного моделирования (симулятора);
3. планирование и проведение экспериментов с работающей моделью.

На рис. 1 показана многократно проверенная на практике методика создания формального описания задачи моделирования и построения концептуальной модели, которая может служить исходным пунктом для реализации модели с использованием любого из коммерческих симуляторов для процессов с дискретными событиями.

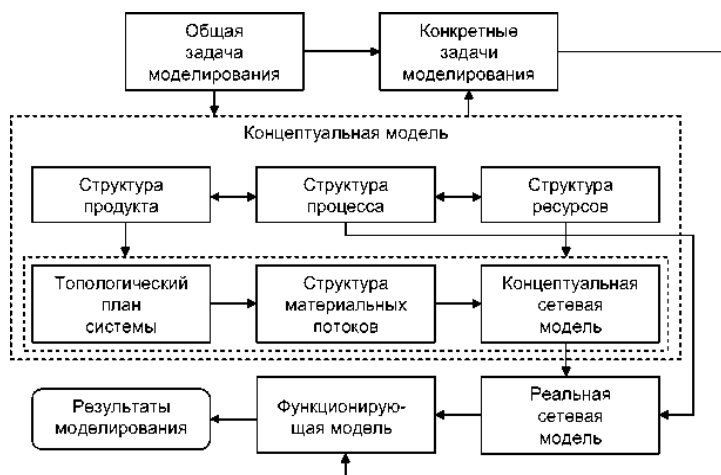


Рисунок 1 – Методика создания и применения концептуальной модели логистической системы

Концептуальная сетевая модель логистической системы, как правило, радикально отличается от сети массового обслуживания, в которой обычно задаётся одна «плоская» структура и один тип динамических объектов (заявка). Разработка концептуальной сетевой модели начинается с определения трёх типов иерархических (древовидных) структур: а) для продуктов, т. е. всех обрабатываемых типов грузов (товаров и тары); б) для ресурсов, т. е. всех стационарных и мобильных технических средств выполнения операций транспортировки, складирования и перевалки грузов; в) для процесса, т. е. всех возможных или типовых последовательностей выполнения операций с различными типами груза.

### Выводы

Вследствие понимания того факта, что в большинстве симуляторов готовая модель представляется как сетевая структура, узлы которой являются представителями (объектами) соответствующих библиотечных компонентов (классов), разработчик которой знаком с конкретным симулятором, для него не составит большого труда выбрать в библиотеке симулятора компоненты, наилучшим образом соответствующие компонентам концептуальной сетевой модели. Но именно построение концептуальной сетевой модели является наиболее сложным этапом исследования, связанного с применением имитационного моделирования при анализе логистических систем.

### Литература

1. Буч Г., Джекобсон, Рамбо Д. Язык UML. Руководство пользователя: Пер. с англ. — М.: ДМК Пресс, 2001.
2. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ Питербург, 2005.
3. Патрик Ноутон, Герберт Шилдт. Java 2. Наиболее полное руководство: Пер. с англ. – СПб.:ВНВ Петербург, 2007.



УДК 371.3

## МЕТОДИКА СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ГРАФОВ КОММУНИКАЦИЙ МЕЖДУ СТУДЕНТАМИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УЧЕБНЫХ ПРОЕКТОВ

Назарова Ю. Ю.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»  
кафедра анализа систем и принятия решений  
E-mail: [nazarova\\_yukiru@mail.ru](mailto:nazarova_yukiru@mail.ru)

### **Аннотация:**

**Назарова Ю. Ю. Методика структурного анализа графов коммуникаций между студентами при выполнении учебных проектов.** Применение информационных технологий внесло изменения в экономику, общество стало сетевым, и появились новые формы хозяйствования – локальные экономические сообщества. Так как локальные сообщества недостаточно изучены, целью данной работы является изучения методике структурного анализа сетей коммуникаций, возникших внутри локальных сообществ, полученных на примере выполнения учебного проекта студентами. Проведен структурный анализ данной сети и получены результаты анализа.

### **Annotation:**

**Nazarova Yu. Yu. Methodology of structural analysis of communications graphs among students in the implementation of training projects.** The use of information technologies has brought changes in the economy, the society has become networked, and new forms of management have emerged-local economic communities. Since local communities have not been sufficiently studied, the goal of this paper is to study the methodology of the structural analysis of communication networks that have arisen within local community, which is based on the student project. A structural analysis of this network was carried out and the results of the analysis were obtained.

### **Общая постановка проблемы**

В настоящее время экономика характеризуется быстрыми изменениями внешней среды. Одним из таких изменений является применения технических средств связи и коммуникаций субъектами экономической деятельности. Появление информационных технологий повлияло на пути ведения бизнеса современных предпринимателей. За последние 20 лет современное общество претерпело изменения и стало сетевым [1]. Поэтому сейчас большое внимание уделяется изучению сетевых аспектов социальных и экономических систем.

Одним из проявлений сетевого характера общества стало формирование самоорганизованных локальных экономических сообществ [2]. Локальные экономические сообщества играют огромное значение в противодействии экономическим кризисам за счет их огромного влияния на местные экономики. В настоящий момент локальные сообщества еще недостаточно изучены, поэтому большой интерес представляют методики изучения данных форм хозяйствования.

Данная работа посвящена изучению методике анализа структуры локального сообщества, полученного на основании взаимодействия студентов, выполняющих учебный проект. Данный проект был проведен на кафедре Анализа систем и принятия решений Уральского федерального университета с использованием методов экспериментальной экономики [3].

Было выявлено, что наиболее интенсивные коммуникации возникают между студентами одной группы и одного потока, проводящих значительную часть времени вместе

на одних и тех же занятиях. Как правило, они состоят от 10 до 50 человек и сохраняют свой состав в течение нескольких лет. Именно такая «малая группа» [4-5] была выбрана для исследования.

В ходе исследования был построен граф коммуникаций студентов, выполняющий учебный проект, и проведен его структурный анализ.

### Исследования

Исследование проводилось на базе группы студентов, состоящей из 41 человека. Все студенты в возрасте от 18 до 20 лет. Проект, который выполняли студенты, заключался в работе в локальной платежной системе, разработанной специально для учебных целей – «Учебной платежной системе» [6]. В данной системе студенты обменивались друг с другом своими товарами и услугами с помощью локальной валюты – учебных единиц. Работа в данном проекте велась студентами в течение 6 недель.

В результате участия студентов в проекте были собраны данные из Учебной платежной системы. На основании этих данных был построен граф коммуникаций между студентами, который представлен на рис. 1.

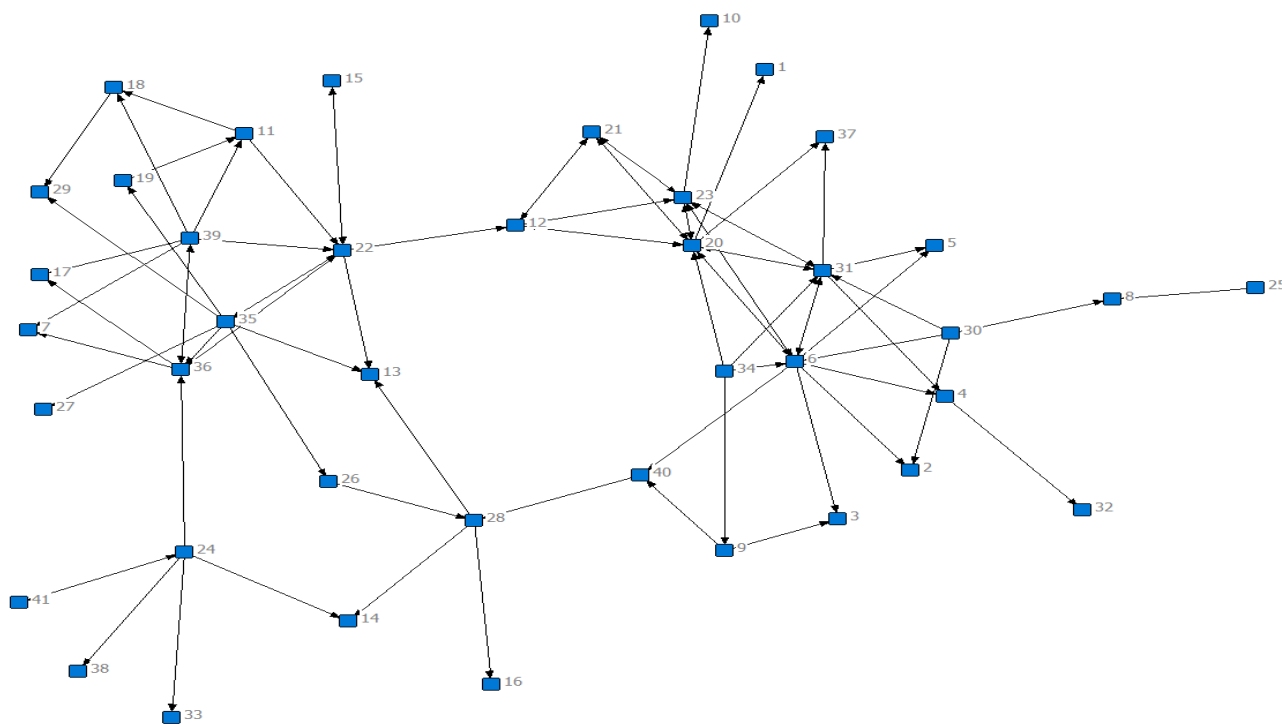


Рисунок 1 – Граф сети коммуникаций между студентами, работающими в УПС

Для исследования полученных данных и построенного графа коммуникаций использовалась методология структурного анализа сетей – SNA-методология (Social Network Analysis).

Методика заключается в том, что для исследуемого графа строится случайный граф Бернулли соответствующей размерности и плотности. Затем проводятся расчеты параметров обоих графов, и полученные результаты сравниваются. Отклонения значений параметров исследуемого графа от значений этих же параметров случайного графа Бернулли позволят составить характеристику исследуемого графа.

Случайный граф Бернулли соответствующей размерности и плотности представлен на рис. 2.



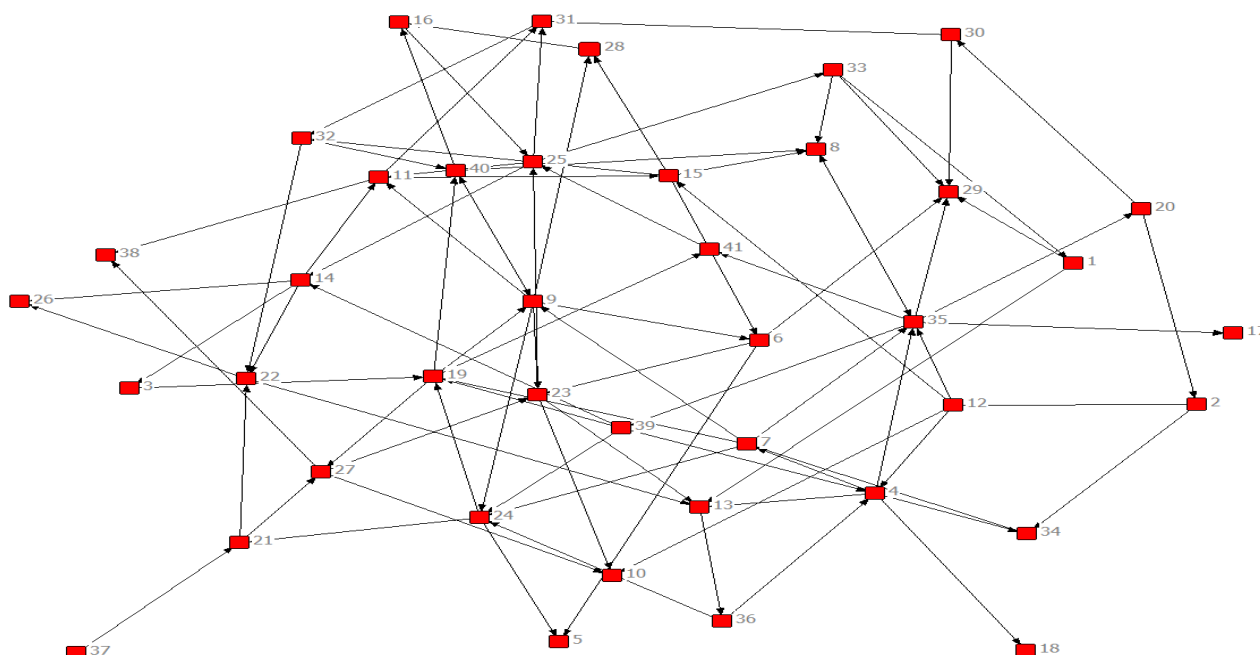


Рисунок 2 – Случайный граф Бернулли, соответствующий исследуемому графу

Для расчета были использованы такие интегральные параметры, как: диаметр ( $D$ ), коэффициент взаимности ( $Re$ ), коэффициент транзитивности ( $Tr$ ), коэффициент кластеризации ( $CC$ ) и индексы централизации по Фриману (входной –  $IDCenz$ , выходной –  $ODCenz$ , по посредничеству –  $BCenz$ ). Подробное описание методики расчетов данных параметров и соответствующие формулы приведены в работе [7]. После того, как расчеты были произведены, были найдены абсолютные отклонения параметров сети от параметров соответствующего ей случайного графа ( $AD$ ), рассчитанные по формуле:

$$AD = |BV - V|, \quad (1)$$

где  $V$  – значение параметра экспериментальной сети;  
 $BV$  – соответствующее значение для графа Бернулли.

А затем найдены относительные отклонения ( $RD$ ), рассчитываемые по формуле:

$$RD = \frac{AD}{BV}. \quad (2)$$

Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов

Параметры	Граф сети коммуникаций	Граф Бернулли	Относительное отклонение (RD)
Диаметр ( $D$ )	8	9	0,11
Коэффициент взаимности ( $Re$ )	0,22	0,02	8,95
Коэффициент транзитивности ( $Tr$ )	0,35	0,07	3,86
Коэффициент кластеризации ( $CC$ )	0,20	0,07	1,96
Выходная централизация ( $ODCenz$ )	0,15	0,10	0,59
Входная централизация ( $IDCenz$ )	0,10	0,07	0,44
Централизация по посредничеству ( $BCenz$ )	0,11	0,18	0,37

## Выводы

Результаты расчетов показывают существенные различия между исследуемым графом и соответствующим ему графом Бернулли. Особенные различия проявляются в сравнении коэффициентов кластеризации, которые отвечают за степень «связности» сети [8], в коэффициентах транзитивности, определяющих потенциальную склонность сети к устойчивости и «естественности» [9] и самое большое различие в коэффициентах взаимности. Коэффициент взаимности можно считать одной из основных характеристик сети. Обычно он определяется как доля связанных пар агентов (диад), имеющих взаимную связь между собой.

Таким образом, предложенная методика структурного анализа сетей доказывает свою состоятельность. Полученные результаты говорят о необходимости проведения дальнейших исследований на большем количестве сетей.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-06-04863 «Математические модели жизненного цикла локальных платежных систем».

## Литература

1. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура: пер. с англ. / М. Кастельс под науч. ред. О. И. Шкаратана; Гос. ун-т, Высш. шк. экономики. - М., 2000.- 607 с.
2. Berg D. B., Zvereva O. M., Shelomentsev A. G., Taubayev A. Autopoietic structures in local economic systems. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management SGEM, 2015, vol. 3 (5), pp. 109-117.
3. Douglas D. Davis & Charles A. Holt. Experimental Economics. Princeton University Press, 1993.- 584 p.
4. N. Katz, D. Lazer, H. Arrow, N. Contractor. Network Theory and Small Group. Journal of Small Group Research, Vol. 35 No. 3, pp. 307-332. (June 2004).
5. Santiago Rincón-Gallardo Michael Fullan. Essential features of effective networks in education. Journal of Professional Capital and Community, Vol. 1 Iss 1. pp. 5 – 22. (2016)
6. Чепуров Е. Г., Назарова Ю. Ю., Медведева М. А., Ранюк С. В., Берг Д. Б. Локальная платежная система: разработка и возможности практического применения // Журнал "Научное обозрение", 2016/16, стр. 106-113 (ВАК)
7. Зверева О. М., Давлетбаев Р. Х., Назарова Ю. Ю., Медведева М. А., Берг Д. Б. Сравнительный анализ структуры локальных предпринимательских сетей // Управление экономическими системами: электронный научный журнал, 2016/8. № 90. [Электронный ресурс]: <http://uecs.ru/uecs-90-82016/item/4056-2016-08-15-09-11-21>
8. Phan, Binh, Engo-Monsen, Kenth and Fjeldstad, Oystein D. Considering clustering measures: Third ties, means, and triplets. Social Networks. 2013. pp. 300-308.
9. Faust, Katherine. Comparing Social Networks: Size, Density, And Local Structure. Metodološki Zvezki. 2006, Vol. Vol. 3, № 2. pp. 185-216.

УДК 519.876.2

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ПРОГРАММАМИ В ВУЗЕ

Молдабекова Б. К.

Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза, Казахстан

E-mail: [bibigul.moldabekova@mail.ru](mailto:bibigul.moldabekova@mail.ru)

### **Аннотация:**

**Молдабекова Б. К. Моделирование интеллектуального управления образовательными программами в вузе.** Рассмотрена структура системы управления образовательным учреждением, включающая в себя множество процессов. Каждый из процессов состоит из нескольких функциональных задач управления образовательной системой как сферой компетенции педагогического менеджмента, куда входит целая совокупность различных систем. Проведен анализ модели процесса интеллектуального управления образовательными программами. Исследованы структура и содержание технологии решения, базирующиеся на методологических основах интеллектуального управления профессиональных задач. Отмечено, что включение в модель интеллектуального управления методических инструментов решения задач обеспечивает повышение качества и эффективности образовательного процесса.

### **Annotation:**

**Moldabekova B. K. Modeling of intellectual management of educational programs in the University.** The structure of educational institution management system including a set of processes is considered. Each of the processes consists of several functional tasks of management of educational systems as a sphere of competence of pedagogical management, which includes a whole set of different systems. The model of the process of intellectual management of educational programs is considered. The structure and content of the solution technology based on the methodological foundations of intellectual management of professional tasks are investigated. It is noted that the inclusion in the model of intellectual management of methodological tools for solving problems ensures the improvement of the quality and effectiveness of the educational process.

### **Общая постановка проблемы**

В последние годы происходили существенные изменения в организации управления образованием. Реформа казахстанского образования проводится с явным пониманием того обстоятельства, что «качественную реформу образования, проводимую в условиях динамичных социально-экономических общественных изменений, возможно реализовать только при наличии основательно проработанной стратегии, которая учитывает как реальную ситуацию, складывающуюся в сфере образования, действующие отношения и нарастающие тенденции, а так же и возможные пути будущего развития государства и общества.

Из этого следует, что такая стратегия должна стать базовой для разработки гибкой тактической программы действий, которая постоянно адаптируется к быстро меняющимся условиям реальности» [1].

В настоящее время в Казахстане активно ведется подготовка профессионалов управленцев. Однако при этом катастрофически не хватает квалифицированных проблемно-ориентированных учебных программ, преподавателей, интенсивных технологий обучения и, наконец, четкой дифференциации образовательного процесса в зависимости от контингента обучаемых.



Поэтому на текущий момент наблюдается активность в процессе унификации методов, средств и систем управления для всех отраслей. При этом не составляют исключения и социально-экономические системы, в частности, организации и комплексы сферы образования.

### **Постановка задач исследования**

Каждая образовательная организация с любой степенью сложности или образовательный комплекс рассматриваются в качестве объекта управления, к которому возможно применить все модели, подходы и методы, использовавшиеся как ранее, так и в настоящее время. Такие инновации стали вызывать необходимость модернизации и адаптации существующей теории менеджмента к особенностям образовательной сферы.

Изменения социально-экономической жизни страны и изменения в государственно-политическом устройстве требуют коренного улучшения системы управления образованием. В стране проводится становление взаимодействия государственных и общественных форм управления образованием.

Разработка моделей эффективного управления деятельностью таких сложных социально-экономических систем, как крупные образовательные комплексы (ОК), становится крайне актуальной задачей. В ходе создания единого ОК происходит сокращение администрации и педагогического состава образовательной организации, вследствие этого изменяется штатное расписание ОК и встает проблема модернизации сложившейся управленческой модели образовательных систем (комплексов), а также создания методов и информационных моделей эффективного управления современными образовательными системами.

Недостаточная изученность научной проблемы создания моделей, способов и алгоритмов модернизации управленческой структуры образовательных систем после их организационно-структурной реорганизации обусловила актуальность и необходимость их научных исследований.

Интеллектуальное управление является обобщением семиотического, когнитивного и информационного управления. В интеллектуальном управлении образовательными программами выделяют следующие направления: интеллектуальные образовательные системы, интеллектуальное семиотическое управление и интеллектуальное когнитивное управление. Интеллектуальное семиотическое управление связано с разными формами логики, эволюционными алгоритмами.

Интеллектуальное когнитивное управление рассматривается как синтез человеческого компьютерного управления с использованием ассоциативных каналов и анализа неявных знаний. Интеллектуальное управление рассматривается как средство принятия решений в условиях неопределенности [2]. Интеллектуальное информационное управление рассматривается как поддержка интеллектуального управления с помощью информационных технологий.

По мере развития общества и усложнения объектов и задач управления менялись и технологии управления. Наиболее остро в управлении сложными ситуациями обнаружилась проблема «больших данных». Она создает информационный барьер для технологий «организационного управления». Для современного управления характерен рост слабо структурированной информации. Это обуславливает переход к интеллектуальному управлению, которое, в свою очередь, приводит к необходимости применения технологий управления знаниями. Основой интеллектуального управления являются интеллектуальные системы и интеллектуальные технологии.

Интеллектуальная система – это техническая или программно-техническая система, способная получать творческие решения задач, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти такой системы. Упрощенно структура

интеллектуальной системы включает три основных блока: базу знаний, решатель и интеллектуальный интерфейс. Решатель является доминирующей составляющей интеллектуальной системы. В логиках первого порядка решателем называют механизм получения решений логических выражений. В мультиагентных системах, которые относят к области искусственного интеллекта, также используют понятие решателя. [3]

Для более понятного описания системы интеллектуального управления образовательными программами как образовательной системы следует воспользоваться методом моделирования, который является основной составляющей системного подхода и одним из наиболее эффективных методов исследования сложных систем, которой является система образования.

В соответствии с научными подходами ведущих методологов М. Вартофского, В. Г. Афанасьева и др. моделирование представляет собой теоретико-познавательную процедуру, которая осуществляется на базе абстрактно-логического мышления, причем независимо от того, будет идти речь о теоретическом или эмпирическом познании. [4]

Анализ научных источников, проведенный по исследуемой проблеме, показал, что с точки зрения воспроизводимых сторон оригинала можно выделить различные виды моделей, основными из которых являются функциональная, структурная и смешанная модели.

### **Разработка функциональной модели**

Под функциональной моделью понимается такая модель, в которой имитируется способ поведения оригинала. В структурной модели имитирована внутренняя организация оригинала. Смешанные модели ориентированы на сложно организованные, многокомпонентные и многоуровневые объекты, где невозможно использовать одно основание моделирования. Однако в педагогических исследованиях широко используются структурные модели, направленные на отражение структуры системы, подлежащей исследованию.

Процесс, направленный на реорганизацию информационных деловых процессов в образовательной организации, будет представлять собой мероприятия по совершенствованию управленческой структуры организации, инструментов и методов ведения деятельности.

В основании данного процесса лежит разработка информационных моделей управления деятельностью организации в двух вариантах:

– вариант модели «как должно быть», который отражает взгляды руководства организации, сотрудников, системных аналитиков и экспертов, т. е. какие новые технологии следует внедрять в функционирование организации с целью повышения ее эффективности;

– вариант модели «как есть», который отражает настоящее положение дел в образовательной организации в исследуемый период и дает возможность оценить с позиции системного анализа значение уровня функционирования образовательной организации, вскрыть имеющиеся ошибки и подать варианты мероприятий с целью улучшения в сложившейся ситуации.

Новые направления в сфере профессионального образования вынуждают делать не просто изменения тех или иных компонентов образовательного процесса и сферы образовательной деятельности, а и осуществлять общесистемную, комплексную модернизацию образовательного пространства.

Системообразующим фактором в данном случае будет выступать жизненный цикл обучения профессии, который интегрирован в основную профессиональную образовательную программу.





Сложившийся объективный характер тенденций относящихся к выработке новых управленческих подходов, воспринимаемый как фактор инновационного развития вузов формирует необходимость осуществления перехода:

- от варианта стандартизированного обучения студентов к варианту персонификации;
- от пассивной формы изучения образовательных программ к форме обучения с целью приобретения компетентностей и деятельностных знаний обучающихся, которые будут обеспечивать решение нетиповых профессиональных задач;
- от периода выполнения учебного процесса к периоду управления учебным процессом, т. е. от самой постановки цели до этапа получения прогнозируемого результата.

В складывающихся условиях практической реализации интеллектуального управления образовательными объектами и процессами, приоритет закрепляется за системными принципами, потому что, в основе них объект управления будет рассматриваться как система.

В данном случае объект будет обладать таким сочетанием характеристик, как:

- целостность;
- иерархичность структуры;
- цель;
- сложность;
- обратная связь;
- множественность.

При этом практически любой объект системы при данном подходе будет иметь вход, выход, а также и механизм управления, а внутренняя структура объекта будет представлять собой набор из взаимосвязанных элементов.

Образовательная программа высшего образования обеспечивает регламентирование цели, формирование ожидаемых результатов, наличие содержания, условий и технологии по реализации образовательного процесса, формирование оценки качества подготовки выпускника. Образовательная программа по своей сути является системообразующим фактором интеграции научно-исследовательской, образовательной и социально-воспитательной деятельности, которая направлена на существенное повышение качества подготовки выпускников.

Моделирование интеллектуального управления будет состоять в определении компонентов системы управления образовательной программой как общей проективной идеей педагогического менеджмента.

Процедура моделирования будет включать в себя несколько этапов:

- извлечение из числа имеющихся моделей той, которая в большей мере адекватно описывает сущность изучаемого объекта и будет отвечать целям исследования;
- актуализация совокупности уже накопленных об объекте исследования знаний;
- направленное исследование модели, которое будет заканчиваться приобретением новых знаний об изучаемом объекте.

Поставленной цели будет отвечать структурная модель, отражающая общий замысел моделируемой образовательной системы.

Под системой интеллектуального управления следует понимать совокупность взаимосвязанных управляющих и управляемых подсистем, взаимодействующих между внешней средой и между собой и принимающих участие в процессе реализации по достижению установленных целей.

Изучая процесс интеллектуального управления образовательными программами как целостную систему, которая будет состоять из взаимовлияющих элементов, можно получить то, что любой элемент этой системы будет обладать своей целью, т. е. данный процесс интеллектуального управления образовательными программами будет являться многоцелевым.



Исходя из этого, обеспечение формирования целевых функций и его компонентов будет являться необходимым условием, без наличия которого будет практически невозможно реализовать современную систему интеллектуального управления.

В задачи управления образовательными программами, как сферы компетенции управленческого менеджмента, входит совокупность разнообразных систем, которые будут направлены на создание устойчивого и эффективного функционирования образовательного процесса в сложившихся условиях, где обеспечивается функционирование образовательной организации.

Формулирование понятия интеллектуального управления образовательными программами исходит из следующих представлений управленческого менеджмента, которые сложились в период изучения проблемы:

– интеллектуальное управление образовательными программами будет включать совокупность факторов и условий, которые задают определённый характер образовательного процесса, а также все множество информационно-методического, кадрового, материально-технического обеспечения складывающегося образовательного пространства;

– интеллектуальное управление образовательными программами будет представлять собой объединение разнообразных систем, которые будут ориентированы на предоставление устойчивого и эффективного функционирования образовательного процесса в сложившихся условиях функционирования образовательной организации;

– интеллектуальное управление образовательными программами затронет большинство отношений и связей всех участников образовательной деятельности и затронет условия взаимодействия их друг с другом.

### **Разработка структуры системы интеллектуального управления основными профессиональными образовательными программами**

Схематично структуру системы интеллектуального управления основными профессиональными образовательными программами можно представить только в самом общем виде, разве что, на самом высоком уровне абстрагирования, по причине того, что между всеми составляющими его компонентами в действительности формируются многомерные взаимосвязи, определяющие разнонаправленное и одновременное взаимопроникновение компонентов.

В активно изменяющейся социальной обстановке управление образовательным процессом должно содержать в себе опережающий, превентивный характер. К тому же, оперативность принимаемых управленческих решений принимает стремительную форму, что никак не дает возможности выработки и осуществления их на уровне высших административных участков.

Все это дает основание в большей степени осуществить передачу управленческих функций, к тому же и стратегических, на уровень администрации образовательного учреждения, преподавательских коллективов различных образовательных ступеней, в том числе мастеров, тьюторов, новаторов.

Последнее обстоятельство возможно лишь в инновационных образовательных учреждениях, в которых число участников управления гораздо больше, по сравнению с обычным образовательным учреждением. В данном случае, часть степеней свободы, завязанные на административной форме управления, будут передаваться в свободные творческие группы, объединения или ИПС.

На рис. 1 приведена общая структура системы интеллектуального управления образовательными программами.

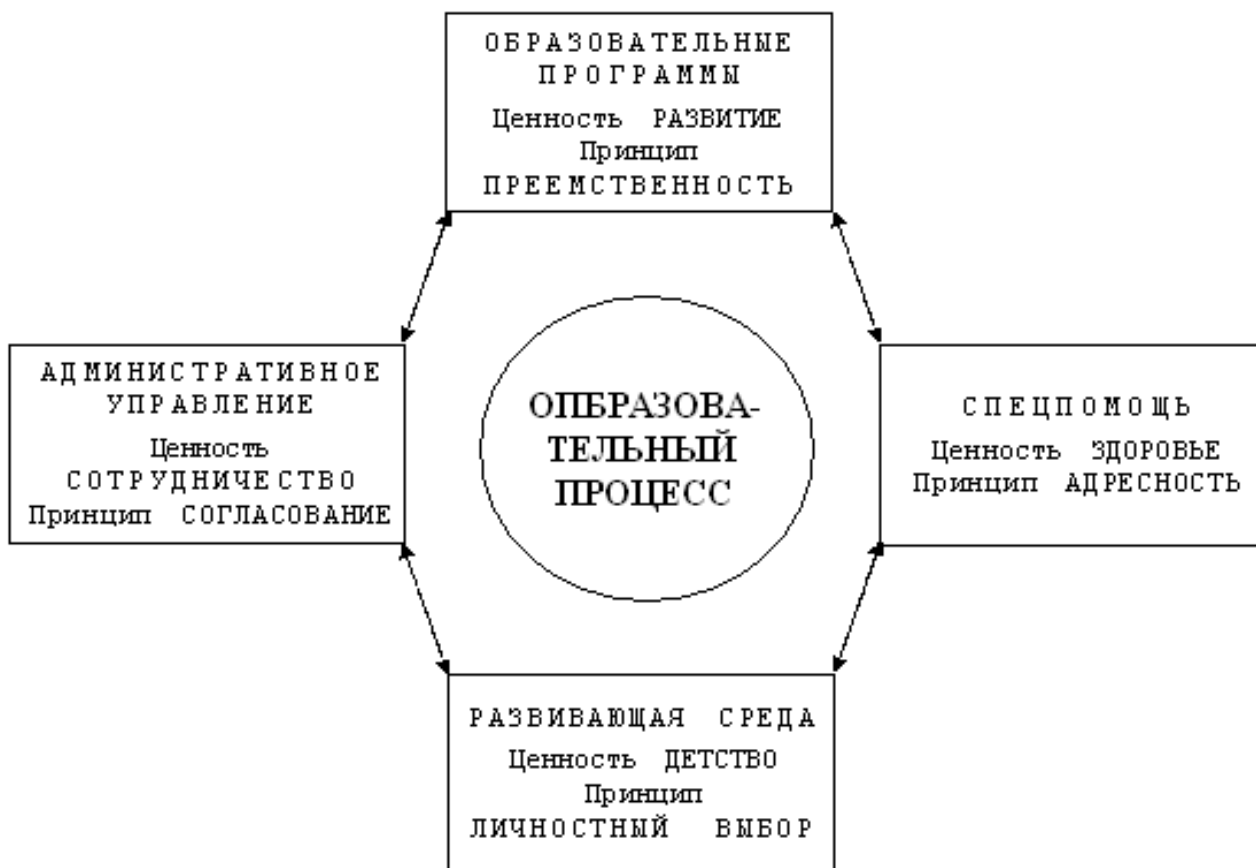


Рисунок 1 – Общая структура интеллектуального управления образовательными программами

Создается так называемая обогащенная образовательная среда с многообразными вариантами выбора, которая живет по иным синергетическим законам, т. е. законам креативного динамического хаоса и самоорганизации, которые порождают новые смыслы (цели), творческие импульсы и ценности.

Подобная образовательная среда потребует и особого более аккуратного отношения к себе, а также новых, более деликатных форм управления. В подобном образовательном пространстве управляющий субъект неотделим от участников образовательного процесса и делокализован. Вот в этом и будет заключаться его синергетическая сущность, а именно поэтому синергетика задействуется как подход, адекватный современности в образовании [5].

В подобных условиях администрация организации будет брать на себя функции, которые генерируют стратегию развития, в том числе:

- опережающая функция управления - инициирование инноваций;
- функцию можно определить как догоняющую (вынужденная реакция на самоорганизацию в общеобразовательном учреждении).

### Выводы

Построение структурной модели интеллектуального управления образовательными программами дает возможность показать целостность исследуемой образовательной системы с позиции сложности ее компонентов, найти факторы и механизмы, которые позволят обеспечить эту целостность, выявить многообразие типов связей и привести их в общую теоретическую картину.



Процесс управления содержанием будет представлять собой пространство знаний образовательной программы, которое потребует обновления содержимого и постоянной актуализации в соответствии с текущим требованием государственных стандартов высшего образования и сформировавшимися тенденциями.

Следует отметить, что это не единственные инициативы. Имеются и другие возможности, которые смогут порождаться процессами самоорганизации в образовательном пространстве.

Порождаемое многообразие параллельных направлений развития образовательного процесса дает возможность в ускоряющемся режиме делать выборку управленческих решений и поддерживать наиболее оптимальные из них.

Реализация опережающего, инновационного административного управления дает возможность сформировать образовательное пространство с высокой скоростью реакции на вызовы быстро изменяющихся социальных условий и с более высокими адаптивными свойствами.

Помимо этого, подобная синергетическая система, в большей мере обеспечивая моделирование самой социальной среды современного мира, будет оказывать воздействие на его развитие, потому что, в образовании, как ни в какой другой сфере представлено будущее в настоящем.

### Литература

1. Назарбаев Н. А. Стратегия «Казахстан-2050» // Казахстанская правда. 2012 - 15 декабря.
2. Никифоров В. О., Слита О. В., Ушаков А. В. Интеллектуальное управление в условиях неопределенности. — СПб: СПбГУ ИТМО, 2011.
3. Цветков В. Я Маркелов В. М., Романов И. А. Преодоление информационных барьеров // Дистанционное и виртуальное обучение. 2012. № 11. С. 4-7.
4. Афанасьев В. Г. Моделирование как метод исследования социальных систем // Системные исследования. Методологические проблемы: Ежегодник. М., 1982. С. 26-46.
5. Самарханова Э. К., Имжарова З. У. Управление качеством образовательного процесса в условиях инновационного развития вуза [Электронный ресурс] // Вестник Мининского университета. 2014. № 4. URL: [http://www.mininuniver.ru/scientific/scientific\\_activities/vestnik/archive/4](http://www.mininuniver.ru/scientific/scientific_activities/vestnik/archive/4) (дата обращения 13.03.2015).
6. Каспаржак А. Г., Калашников С. П. Разработка моделей академического бакалавриата и исследовательской магистратуры в рамках реализации программы модернизации педагогического образования: первые итоги // Психологическая наука и образование. 2015. Т. 20. № 5. С. 29-44.

УДК 004.4

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЕЙ ИТ-ИННОВАЦИЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ И ПОТРЕБИТЕЛЯ

Лапшина С. Н., Дерябина И. Ю.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»

E-mail: [inna.deryabina2012@yandex.ru](mailto:inna.deryabina2012@yandex.ru)

### **Аннотация:**

*Лапшина С. Н., Дерябина И. Ю. Моделирование коммерциализацией ИТ-инноваций по показателям согласования интересов производителя и потребителя. Определены проблемы коммерциализации инновационной продукции. Рассмотрены преимущества имитационных моделей. Изучены правила построения диаграммы причинно-следственных связей. Построена диаграмма причинно-следственных связей модели управления коммерциализацией ИТ-инноваций по показателям согласования интересов производителя и потребителя.*

### **Annotation:**

*Lapshina S. N., Deriabina I. Y. Modeling of commercialization of IT-innovations on indexes of concordance of interests of producer and consumer. The problems of commercialization of innovative products are identified. The advantages of imitation models are considered. The rules for constructing a diagram of cause-effect relationships are studied. The diagram of cause-effect relations of the model of commercialization control of IT-innovations on indexes of concordance of interests of producer and consumer.*

### **Постановка проблемы**

На сегодняшний день в Донецкой Народной Республике наблюдается низкая конкурентоспособность продукции вследствие устаревших технологий и дорогого сырья, низких возможностей привлечения передовых технологий. Поэтому для экономического развития требуется успешная деятельность предприятий, которая в современных условиях предполагает производство инновационной продукции и технологий, способных составить конкуренцию на международном рынке. Положительный результат инновационной деятельности достигается не столько за счет производства и реализации инноваций, а вследствие эффективного и качественного управления, анализа и планирования процесса развития. Как следствие, определяющую роль при управлении инновационным развитием предприятия занимают методы оценки, мониторинга и контроля. Важным фактором в деятельности предприятий является анализ состояния коммерциализации, поскольку, несмотря на большое количество преимуществ при ее осуществлении существует много рисков потери ресурсов или получение убытков при неудачной или неграмотной коммерциализации инновационной продукции.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

Вопросы коммерциализации инновационной деятельности, в том числе инновационных проектов исследуют такие ученые, как Л. Антонюк, А. Деренговский, В. Залуцкий, К. Ковтуненко, Ю. Мальцева, А. Мельник, В. Мищенко. В своих работах ученые сосредотачиваются на исследовании сущностных аспектов коммерциализации, этапов осуществления этого процесса, форм и методов коммерциализации инноваций и технологий, основных их преимуществах и недостатках.





Несмотря на значительные наработки по данной тематике, не изучено применение системно-динамического подхода в управлении коммерциализацией ИТ-инноваций по показателям согласования интересов производителя и потребителя.

**Цель работы** заключается в построении диаграммы причинно-следственной связи для последующей реализации системно-динамической модели при помощи пакета прикладных программ «Powersim».

### **Изложение основного материала исследований**

Управление инновационной деятельностью позволяет целенаправленно обеспечивать устойчивое функционирование и развитие предприятия. Устойчивость развития предприятия является динамической характеристикой и означает способность предприятия к постоянному изменению и адаптации к условиям внешней и внутренней среды, определяется прогрессивными технологиями производства, оптимальным обеспечением ресурсами и активами, использованием эффективных методов управления и оценивается интегральной результативной эффективностью инновационного управления.

Основой успешной инновационной деятельности является подчинение интересов фирмы целям проектирования, производства и реализации конкурентоспособной продукции. Прежде всего, предприятие ориентируется на длительный во времени спех и на потребителя. Руководство предприятия выносит на рассмотрение вопрос о прибыльности с позиций качества конкурентоспособности.

В теории управления инновациями существует четыре этапа (поколения) развития. К первому поколению подходов к управлению инновационной деятельностью предприятий относят проведение научно-исследовательской деятельности под непосредственным руководством ученых-исследователей, которые сами отвечают за отбор и выполнение исследовательских инновационных проектов.

Ко второму поколению относится корпоративное управление инновационными проектами. Корпоративные менеджеры осознают необходимость управления научно-исследовательской деятельностью и предприятия и сосредоточивают внимание на тех проектах, которые отвечали общим целям их хозяйствования.

Третье поколение базируется на концепции стратегического планирования. Предприятие формирует сбалансированный портфель инноваций и отбирает инновационные проекты на основе портфельного анализа с учетом их конкурентоспособности и жизненного цикла.

Четвертое поколение характеризуется концепцией совместного принятия решений, где привлекаются потребители, поставщики и другие заинтересованные лица. И в итоге достигается максимальное приближение технологически реализованной новации к потребностям потребителей.

В целом управление инновационной деятельностью имеет целью создание такого механизма, который позволил бы комплексно влиять на инновационную активность, рационально использовать имеющийся научно-технический потенциал, бюджетные и собственные средства предприятий, получая полезный результат в кратчайшие сроки.

К основным проблемам, по осуществлению коммерциализации инновационной продукции можно отнести:

- ученые, часто создавая научную продукцию, не знают рынка и не могут научные результаты превратить в новую качественную продукцию;
- бизнес структуры рынка практически не знакомы с направлением современной науки, структурой и приоритетными направлениями ее деятельности, прогрессивными достижениями. Они не всегда могут оптимально оценить достоверность научных результатов, предлагаемых для реализации, и их технологической эффективности;

– государство должно устанавливать нормы и процедуры и осуществлять контроль за трансфером технологий, поскольку не всегда правильно оцениваются возможные последствия реализации принятых законодательных положений по созданию научного знания и его коммерциализации.

Трудности, возникающие с коммерциализацией имеющегося инновационного потенциала, связаны, в первую очередь, с отсутствием трех первых звеньев в инфраструктуре трансфера технологий: некоммерческих венчурных фондов, фирм венчурного капитала и малых инновационных фирм высоких технологий. Для осуществления коммерциализации науки нужно сформировать соответствующую среду с обязательным участием государства, действуя на основе программ и стремясь к четко сформулированным целям.

Имитационные модели считаются одними из наиболее перспективных при решении задач управления экономическими объектами. Значимое место в проведении имитационного эксперимента играет выбор системы моделирования, который позволяет, во-первых, описать состав, структуру и процесс функционирования моделируемой системы, а во-вторых, значительно сократить затраты на построение модели путем использования стандартных функций имитационного языка.

Применение специальных систем имитационного моделирования обладает следующими преимуществами: более эффективные методы выявления ошибок имитации; точность выражения понятий, характеризующих имитационные процессы; существование возможности для некоторой предметной области исследований заранее построить стандартные компоненты (библиотеки имитационных моделей); автоматическое формирование типов данных, соответствующих принятому способу имитации и необходимых в ходе имитационного эксперимента; удобство накопления и представления выходных данных; возможность учета субъективных предпочтений эксперта и его опыта в процессе принятия решений; – возможность динамического анализа сценария развития [4].

Для реализации системно-динамической модели необходимо предварительно построить диаграмму причинно-следственных связей. Причинно-следственные диаграммы помогают наглядно представить, каким образом устроены системы. Важная роль причинно-следственных диаграмм заключается в их способности наглядно и ярко представить механизм появления/развития проблемы, а также обозначить варианты перспективных путей ее решения. Причинно-следственные диаграммы содержат переменные и связи между ними с определенной полярностью (положительной или отрицательной). Связи между переменными изображаются стрелками. Правило определения полярности связей представлено ниже. Положительный контур обратной связи часто определяется так: «чем больше – тем больше», «чем меньше – тем меньше». Для отрицательного контура обратной связи действует следующее классическое определение: «если отклик контура обратной связи на переменное изменение выступает против первоначального возмущения, то контур является отрицательным, или целенаправленным» [2].

На рис. 1 отображены общие зависимости между показателями управления коммерциализацией ИТ-инноваций по показателям согласования интересов производителя и потребителя.

С позиции системного подхода, система управления коммерциализации инноваций является открытой системой, которая формируется под влиянием факторов внешней и внутренней среды, и включает элементы, обеспечивающие достижение поставленной цели.

Данная модель будет предназначена для прогнозирования показателей экономической эффективности ИТ-инноваций, а также с целью повышения эффективности управления коммерциализацией инноваций, улучшение качества управленческих решений. Системно-динамическая модель даст возможность генерировать множество возможных альтернатив, обеспечивающих лицу принимающее решение базой для дальнейшего анализа и выбора

предпочтительных вариантов развития процесса. Для того, чтобы оценить инновационный проект, будут использованы экономические показатели, выражающие интересы инвесторов: чистый дисконтированный.

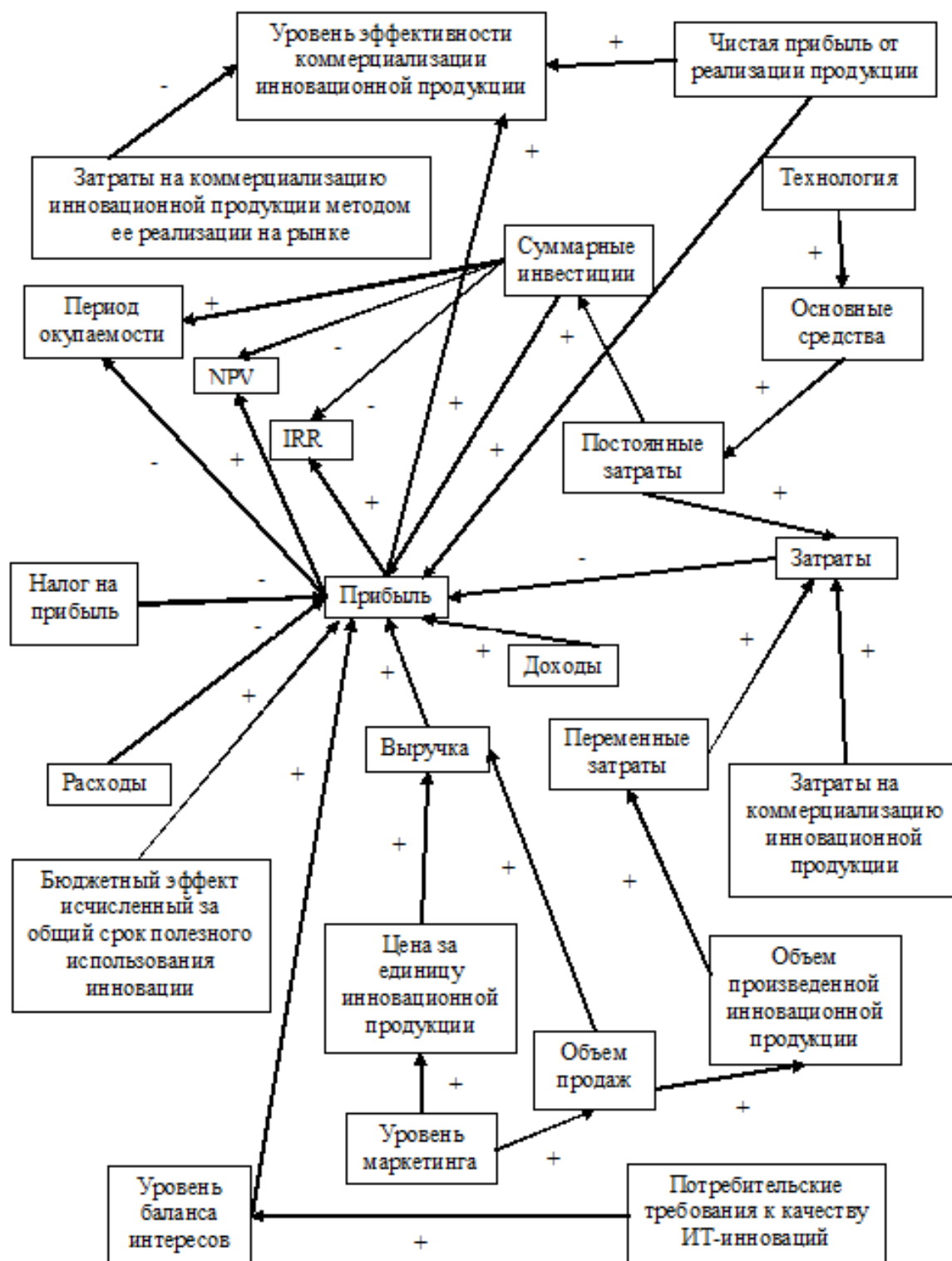


Рисунок 1 – Диаграмма причинно-следственных связей модели управления коммерциализацией ИТ-инноваций по показателям согласования интересов производителя и потребителя: доход (net present value – англ., NPV), внутренняя норма рентабельности проекта (internal rate of return – англ., IRR), дисконтированный срок окупаемости проекта (discounted pay-back period – англ., PB), индекс доходности (profitability index – англ., PI)

Ключевым вопросом управления коммерциализацией является взаимосвязь поведения производителя и потребителей. Каждый из субъектов отношений коммерциализации выбирает стратегию поведения, обеспечивает получение максимальной прибыли и удовлетворения собственных потребностей. Исходя из этого, существуют три модели механизма управления коммерциализацией: функциональная, матрично-циклическая, циклическая.

В данной работе используется матрично-циклическая модель методов регулирования уровня дисбаланса в комплексе предприятий-производителей и потребителей с возможностью выявления качественно новой закономерности изменений баланса интересов в жизненном цикле.

Поэтому, одним из главных показателей при моделировании является уровень баланса интересов, который оценивается с помощью потребительских требований к качеству ИТ-инноваций. Баланс считается необходимым условием устойчивого развития. Уровень баланса должен пребывать в зоне компромисса или консенсуса. В случае если результаты предварительного прогнозирования окажутся неудовлетворительными, то стороны стараются найти пути повышения управления коммерциализацией с целью достижения приемлемого результата.

### Выводы

Таким образом, модель позволит определить уровень эффективности управления коммерциализации ИТ-инноваций, определить величину прибыли, полученной за счет коммерциализированной продукции; спрогнозировать возможность экономической выгоды от продажи коммерциализированной продукции на предприятии.

### Литература

1. Алабугин А. А., Шагеев Д. А. Управление развитием промышленного предприятия по показателям дисбаланса межгрупповых и организационных интересов: теория и практика: монография. – Челябинск: Изд-во НОУВПО РБИУ, 2014. – 236 с.
2. Антонец В. Л. Инновационный бизнес: формирование моделей коммерциализации перспективных разработок [Текст]: учеб. пособие / Антонец В. Л., Нечаева Н. В., Хомкин К. А., Шведова В. В.; общ. ред. К. А. Хомкина. – М.: Издательство «Дело» АНХ, 2009. -320 с.
3. Габалин А. В., Разбегин В. П. Методы оптимизации структуры и функционирования Workflow-систем / А. В. Габалин, В. П. Разбегин // Теория активных систем: Труды международной научно-практической конференции (14-16 ноября 2011 г., Москва, Россия). Том 3. Общая редакция – В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2011. – с. 41-47
4. Каталевский, Д. Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие; 2-е изд., перераб. и доп. / Д. Ю. Каталевский. — М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. - 496 с.
5. Кашицына, Т. Н. Учебное пособие по дисциплине «Коммерциализация инноваций» / Т. Н. Кашицына, Е. С. Никишина; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. – 64 с.
6. Тычинский А. В. Управление инновационной деятельностью компаний: современные подходы, алгоритмы, опыт. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 189 с
7. Якимов, А. И. Технология имитационного моделирования систем управления промышленных предприятий: монография / А. И. Якимов. – Могилев: Белорус. - Рос. ун-т, 2010. – 304 с.



УДК 004.942

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Хайдуков А. В.\*, Кривошеев С. В.\*, Штепа В. Н.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет  
кафедра компьютерной инженерии

\*\* Полесский государственный университет, г. Пинск, Брестская обл.,  
Республика Беларусь, кафедра высшей математики и информационных технологий  
E-mail: [alex96donntu@gmail.com](mailto:alex96donntu@gmail.com)

### **Аннотация:**

*Хайдуков А. В., Кривошеев С. В., Штепа В. Н. Моделирование систем уравнений динамики движения транспортного средства на параллельной архитектуре. Выполнен анализ уравнений для расчета параметров движения транспортных средств – судов внутреннего плавания. Определен оптимальный метод решения системы дифференциальных уравнений. Обосновано использование параллельной архитектуры на базе графического процессора для решения поставленной задачи. Приведены результаты работы программы для расчета параметров транспортного средства с использованием параллельной архитектуры.*

### **Annotation:**

*Khaidukov A. V., Krivosheev S. V., Shtepa V. N. Modeling of the system of equations of the dynamics of motion of a vehicle on a parallel architecture. The analysis of the equations for the computing of the parameters of the movement of vehicles – inland navigation vessels – is done. An optimal method for solving a system of differential equations is determined. The use of a parallel architecture based on a graphics processor to solve the problem is substantiated. The results of a program for calculating vehicle parameters using a parallel architecture is shown.*

### **Введение**

Важную роль в современном мире играет обеспечение безопасности движения транспортных средств, снижении субъективного фактора и повышения надежности управления [1]. Автоматизация систем управления движением как транспортного средства в целом, так и совокупностью участников движения позволяет увеличить безопасность движущихся объектов транспортного потока, более интенсивно эксплуатировать транспортный коридор, снизить затраты топлива, а также оптимально использовать режим работы двигателя транспортного средства. В связи с этим растет потребность в использовании интегрированных навигационных систем для вычисления безопасного и оптимального пути.

Целью данного исследования является разработка программного обеспечения для моделирования систем уравнений динамики движения судна. Расчет параметров должен производиться с использованием средств параллельных вычислений.

### **Математическая модель динамики движения транспортного средства**

Одной из математических моделей для вычислений и расчета параметров движения является модель с тремя степенями свободы, которая рассматривает движение судна в двумерном пространстве (рис. 1) [2]. Данная модель необходима, чтобы рассчитывать проекции скорости и координаты местонахождения объекта.

Перевод скорости из подвижной системы координат  $Ox_1y_1$  в неподвижную  $Oxy$  выполняется с помощью матрицы пересчета:



$$\eta' = \begin{bmatrix} \cos \psi & -\sin \psi \\ \sin \psi & \cos \psi \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} v_X \\ v_Y \end{bmatrix} \quad (1)$$

где  $v_X$  и  $v_Y$  – проекции вектора скорости судна на оси X и Y соответственно в подвижной системе координат;  $\psi$  – курс судна.

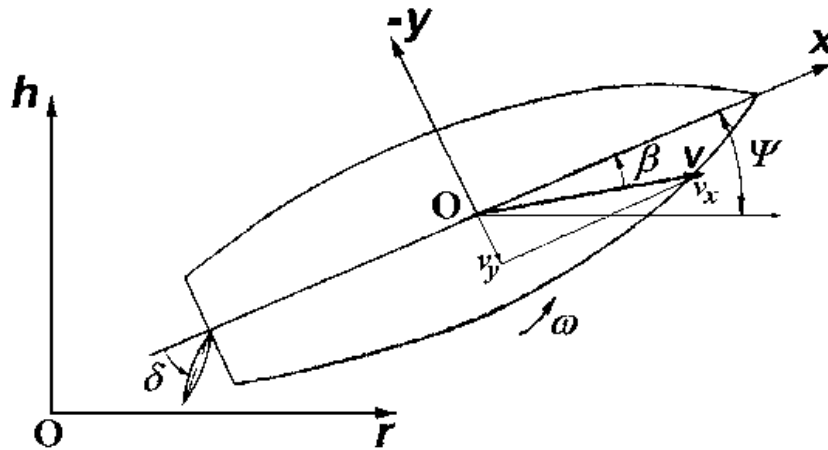


Рисунок 1 – Неподвижная система координат Oghn [3]

В результате вывода физических формул и множественных математических преобразований получаем систему уравнений для вычисления необходимых параметров движения судна:

$$\begin{cases} m(1+k_{11}) \frac{dv_X}{dt} - m(1+k_{22})v_Y\omega - mLk_{26}(\omega)^2 = -R - X_A + \sum_{i=1}^{Z_p} T_{Ri}; \\ m(1+k_{22}) \frac{dv_Y}{dt} + mLk_{26} \frac{d\omega}{dt} + m(1+k_{11})v_X\omega = Y_K - Y_A - \sum_{i=1}^{Z_p} Y_{Ri}; \\ J_Z(1+k_{66}) \frac{d\omega}{dt} + mLk_{26} \frac{dv_Y}{dt} + m(k_{22} - k_{11})v_Xv_Y + mLk_{26}v_X\omega = M_K - M_A + l_R \sum_{i=1}^{Z_p} Y_{Ri}, \end{cases} \quad (2)$$

где  $m$  – масса судна;  
 $v_X$  и  $v_Y$  – скорость судна по оси X и Y соответственно;  
 $\omega$  – угловая скорость судна;  
 $L$  – длина судна;  
 $J_Z$  – момент инерции массы судна;  
 $l_R$  – расстояние от центра судна до движительно-рулевого комплекса (ДРК);  
 $Z_P$  – число ДРК;  
 $X_A, Y_A, M_A$  – продольная, боковая силы и момент аэродинамических сил, действующих на надводную часть судна;  
 $T_{Ri}$  и  $Y_{Ri}$  – полезная тяга и боковая сила  $i$ -го ДРК;  
 $k_{11}, k_{22}$  – присоединенные массы судна при движении по осям X и Y соответственно;  
 $k_{66}$  – присоединенный момент инерции судна;  
 $k_{26}$  – присоединенный статический момент;  
 $R$  – сопротивление воды;  
 $Y_K$  – боковая гидродинамическая сила неинерционной природы;  
 $M_K$  – момент гидродинамических сил относительно вертикальной оси, проходящей через центр судна [4].



Для системы уравнений (2) формулируется задача Коши:

$$\begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = f_{v_x}(t, v_x, v_y, \omega); \\ \frac{dv_y}{dt} = f_{v_y}(t, v_x, v_y, \omega); \\ \frac{d\omega}{dt} = f_{\omega}(t, v_x, v_y, \omega); \\ f_{v_x}(t_0) = v_{x0}; \\ f_{v_y}(t_0) = v_{y0}; \\ f_{\omega}(t_0) = \omega_0, \end{cases} \quad (3)$$

где  $t_0$  – начальное время исследования движения судна;  
 $v_{x0}, v_{y0}$  – скорость движения судна по оси X и Y соответственно в начальный момент времени  $t_0$ ;  
 $\omega_0$  – угловая скорость судна в  $t_0$  [4].

Предварительно система уравнений (2) преобразуется к виду, удобному для применения численных методов. Если известны величины  $v_x, v_y$  и  $\omega$  в начальный момент времени  $t_0$ , то возможно найти значение данных параметров судна в последующие моменты времени. Для решения сформулированной задачи Коши используется численный метод Рунге-Кутты четвертого порядка.

Таким образом, из-за высокой плотности трафика и уменьшения количества вычислительных устройств должны применяться параллельные методы вычисления, которые позволят уменьшить время расчета и увеличить количество участников движения.

### Реализация вычислений с помощью параллельных архитектур

В настоящее время создается множество программ, которые обрабатывают большой объем информации. Несколько независимых частей алгоритма обработки (то есть результат выполнения одной части не влияет на результат выполнения другой) можно выполнять параллельно. Параллельные программы работают быстрее последовательных, за счет выполнения задачи на нескольких ядрах процессора. Ядро – это часть процессора, которая выполняет один поток команд. Программу можно написать, используя какую-либо параллельную библиотеку. Выбор библиотеки может зависеть от платформы, на которой программа будет выполняться, от требуемого уровня производительности и от природы самой задачи [5].

Решать задачи параллельного вычисления можно с помощью многоядерного центрального процессора (CPU). Такой процессор имеет два или более вычислительных ядра на одном кристалле. Ядро может выполнять один или несколько потоков команд. Многоядерные процессоры способны выполнять несколько потоков команд параллельно независимо друг от друга. Такой процессор относится к классу MIMD архитектур (MultipleInstructionstreamMultipleDatastream – множество потоков команд, множество потоков данных). Одна из возможных архитектур двухъядерного процессора представлена на рис. 2. Разница для других многоядерных процессоров будет заключаться в количестве имеющихся ядер, а также использовании кэш-памяти, которая может быть общей или распределенной для ядер.

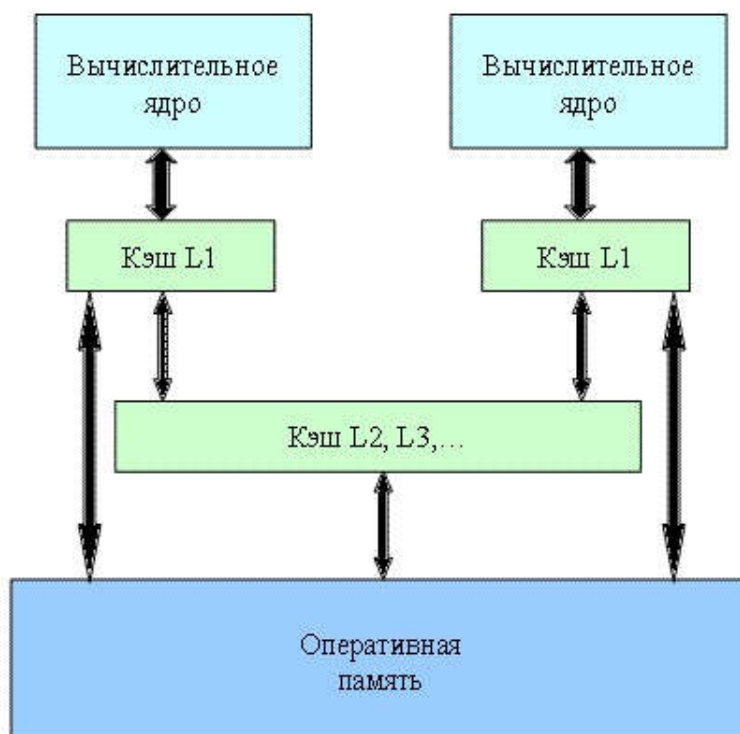


Рисунок 2 – Архитектура двухъядерного микропроцессора

Из рис. 2 видно, что архитектура имеет следующие особенности:

- L1 – кэш-память первого уровня, она распределена и является локальной для каждого ядра;
- кэш-память второго – L2, третьего – L3 и последующих уровней, а также оперативная память является общей для всех ядер процессора.

Основным недостатком данной архитектуры является то, что лишь одно ядро может работать с кэш-памятью второго уровня во время текущего такта.

Одним из самых распространенных способов параллельного вычисления является использование графического процессора (GPU). Большую часть GPU занимают вычислительные модули. В отличие от CPU, большую часть которого занимает кэш-память и память с произвольным доступом (RAM). Поэтому целесообразнее использовать архитектуру графического процессора, изначально предполагающую работу с одинаковыми типами данных, которые можно обрабатывать параллельно.

В данной работе для решения поставленной задачи используется программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений CUDA.

В результате была разработана программа, позволяющая формировать рекомендуемую траекторию движения судна. Пример траектории представлен на рис. 3.

Программа использует технологию CUDA для параллельного расчета траектории движения судна. Данная технология позволяет существенно увеличить вычислительную производительность благодаря использованию графических процессоров фирмы NVIDIA.

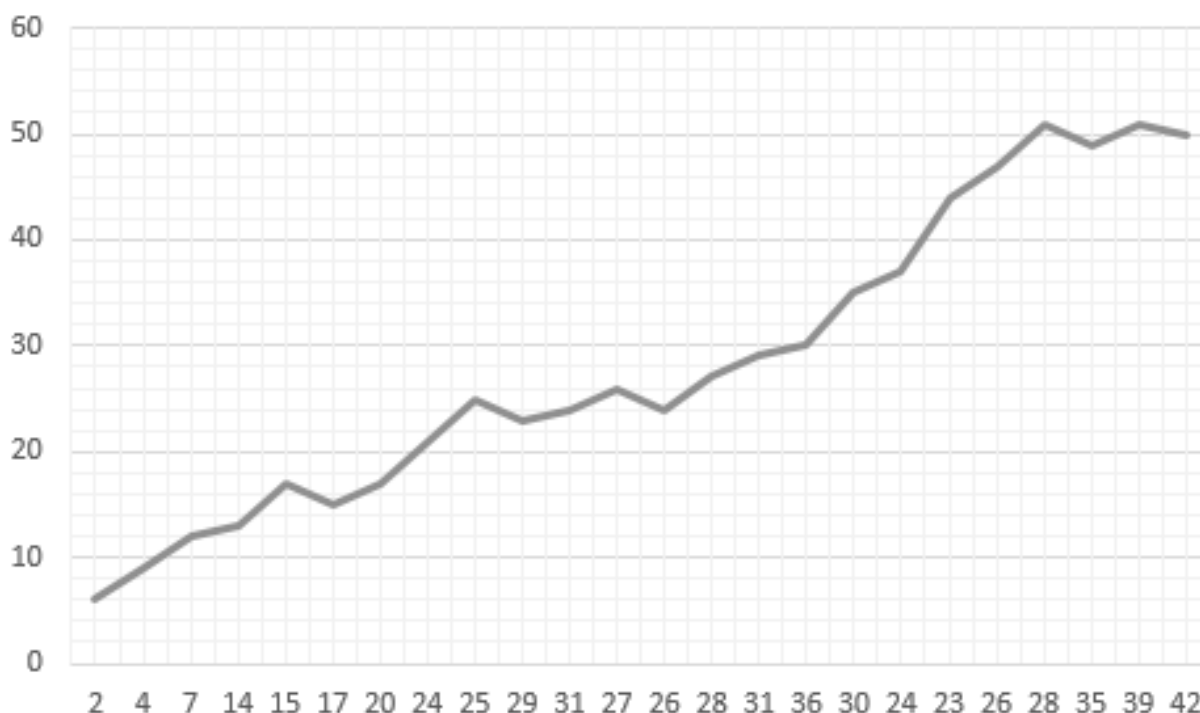


Рисунок 3 – Траектория движения судна

С помощью такого набора средств разработки можно реализовывать алгоритмы на упрощенном диалекте языка программирования C, а также вставлять специальные функции в текст написанной программы. Такие алгоритмы могут выполняться на любых процессорах фирмы NVIDIA, поддерживающих технологию CUDA.

### Выводы

В результате проведенных исследований была выбрана математическая модель для расчета параметров движения судна и метод ее решения. Выполнен обзор параллельных архитектур, в результате которого была выбрана необходимая архитектура.

Разработано программное обеспечение для расчета траектории движения судна.

### Литература

1. Анучин О. Н., Емельянец Г. И. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов. СПб.: Электроприбор, 2003. – 390 с.
2. Аноприенко А. Я., Кривошеев С. В. Разработка подсистемы моделирования движения судна по заданной траектории // Научные труды Донецкого национального технического университета. Выпуск 12. Серия «Вычислительная техника и автоматизация». – Донецк, ДонГТУ, ООО «Лебедь», 1999. С. 197-202.
3. Снопков В. И. Управление судном. СПб.: Профессионал, 2004 – 536 с.
4. Ходкость и управляемость судов. Под ред. В. Г. Павленко. М.: Транспорт, 1991. – 396 с.
5. Классификация архитектур по параллельной обработке данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.csa.ru/analitik/distant/q\\_4.html](http://www.csa.ru/analitik/distant/q_4.html)

УДК 004.415

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СНИЖЕНИЯ УБЫТОЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА

**Загорная Т. А., Нелюбина Ю. А.**

Донецкий национальный технический университет  
кафедра экономической кибернетики

E-mail: [julia-nelubina@mail.ru](mailto:julia-nelubina@mail.ru)

### **Аннотация:**

*Загорная Т. А., Нелюбина Ю. А. Моделирование системы снижения убыточности строительного предприятия на основе системно-динамического подхода. Рассмотрены методы оценки ресурсно-технологического потенциала предприятия. Разработана модель управления затратами на регулирование убытков и сокращение дополнительных расходов, проанализированы результаты ее работы.*

### **Annotation:**

*Zagornaya T. A., Nelyubina Yu. A. Modeling of a system for reducing the loss-making capacity of a construction enterprise based on the system-dynamic approach. Methods for assessing the resource-technological potential of the enterprise are considered. A model for managing costs to manage losses and reduce additional costs is developed, and the results of its work are analyzed.*

### **Общая постановка проблемы**

Вопрос устойчивого развития предприятия в постоянно меняющейся внешней среде является одним из важных вопросов как экономики микроуровня, так и экономических проблем развития целых отраслей и комплексов. Обусловлено это тем, что внешняя среда предприятий динамичная и неустойчива. В условиях постоянного изменения внешней среды управление предприятием существенно усложняется. Идея устойчивого и равновесного развития, возникшая в результате осознания человечеством ограниченности природно-ресурсного потенциала для экономического роста, а также надвигающейся опасности необратимых негативных изменений в окружающей среде нашла широкое признание. Основой любого развития являются имеющиеся совокупность средств, ресурсов и возможностей, то есть потенциал, а в контексте предприятия – это внутренний ресурсно-технологический потенциал, оптимальное использование которого становится иногда единственным условием сохранения системы. В настоящее время в практике управления предприятия вопросам развития ресурсно-технологического потенциала уделяется недостаточное внимание.

### **Основные результаты исследования**

Ресурсно-технологический потенциал предприятия чаще всего раскрывается, используя совокупность характеристик: реальных возможностей, объём ресурсов и резервов, способности к использованию потенциала, уровня и результатов его реализации в будущем.

Оценка ресурсного потенциала может быть использована в качестве интегрального показателя, описывающего состояние развития системы. При этом необходимо выявлять и систематизировать максимально возможное количество факторов, воздействующих на ресурсы предприятия. Однако некоторые из этих факторов достаточно трудно оценить, сложно также оценить вклад каждого фактора в итоговый результат. Поэтому при оценке экономического потенциала целесообразно использовать те факторы, которые учитывают эффективность работы предприятия и позволяют управлять затратами.



Управление затратами в строительной организации так же должно строиться на основе сметного проектирования, определяющего нормы и цены расхода ресурсов на строительный заказ. Рассматривая вопрос о снижении затрат, нужно отметить, что отклонения от фактической себестоимости строительства являются объектом управления в системе менеджмента организации.

В настоящее время факторами, влияющий на рост себестоимости строительства, являются ошибки в проектировании, низкое качество проектно-сметной документации, а также начало строительства без утвержденной проектно-сметной документации. Много изменений в проекты вносятся по ходу строительства, что увеличивает сметную стоимость в среднем на 4-8 %. При некачественном выполнении работ возникают скрытые потери в ходе самого строительства, которые достигают 15 % сметного объема.

Экономическая модель затрат, связанных с качеством, должна выделить в общих затратах организации состав затрат, которые являются объектом управления системы и формируют экономический потенциал повышения эффективности организации, также модель затрат должна учитывать специфику организации и структуру ее процессов.

Для дальнейшего проектирования была выдвинута следующая гипотеза о взаимодействии факторов, на основе которой строилась модель (рис. 1).

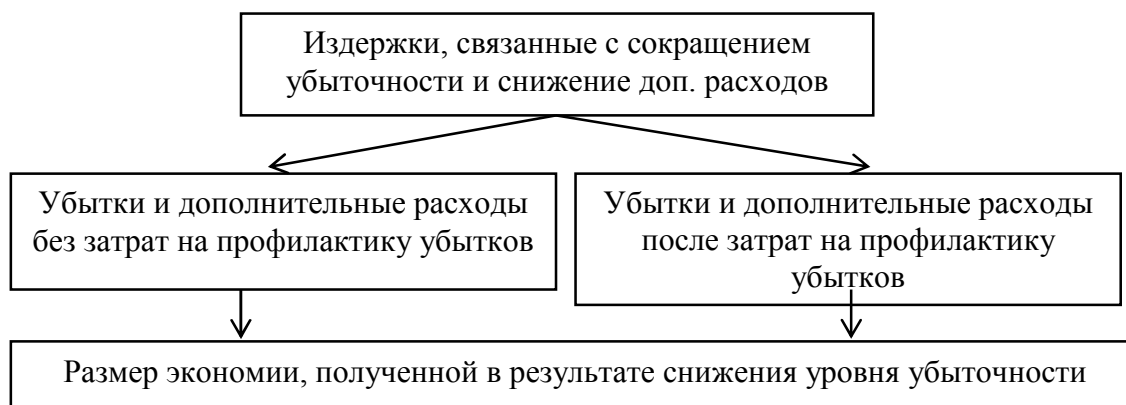


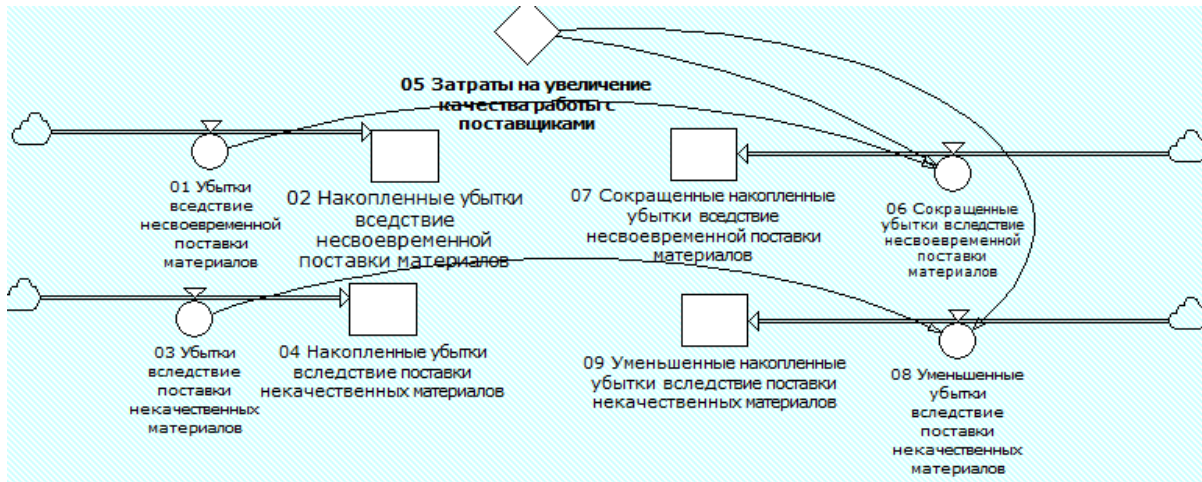
Рисунок 1 – Гипотеза о взаимодействии факторов снижения убыточности

Такая предложенная концептуальная модель позволяет определить цель управления, выраженную в конкретных цифрах экономии от снижения потерь, однозначно идентифицировать затраты, определить экономическую эффективность в части затрат на профилактические мероприятия.

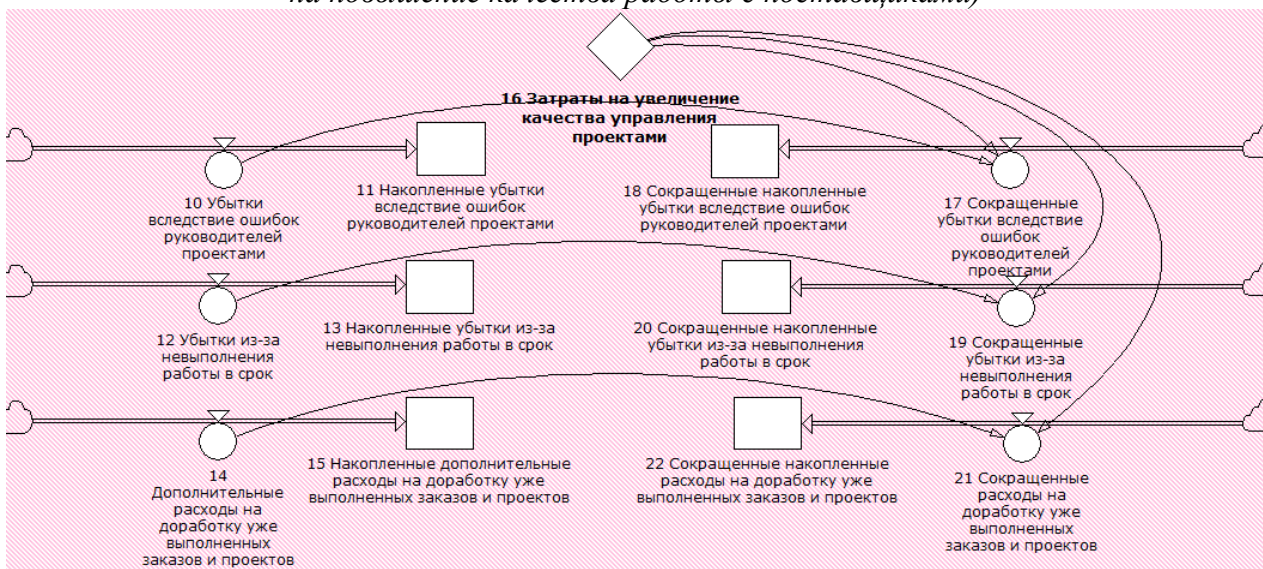
Целью моделирования является определение размера экономии вследствие введения дополнительных затрат на снижение возможных убытков и сокращения дополнительных расходов. В качестве среды разработки построенной модели был выбран ПП Powersim Studio 7.0, который используется для создания и проведения серии экспериментов с имитационными моделями разнообразных процессов, на основе использования, в том числе, и объектного моделирования. Разработанная модель представлена на рис. 2.

Исходя из того, что качество управления зависит от факторов времени и изменчивости внешней среды, все динамические системы могут быть представлены в виде взаимодействия переменных, темпов и уровней, которые полностью описывают состояние системы в любой момент времени. Этим фактически определено простое решение управления динамической системой с использованием дифференциальных уравнений первого порядка, которые по ограниченному числу параметров и связей между ними позволяют описывать перспективы развития системы любого характера и величины.

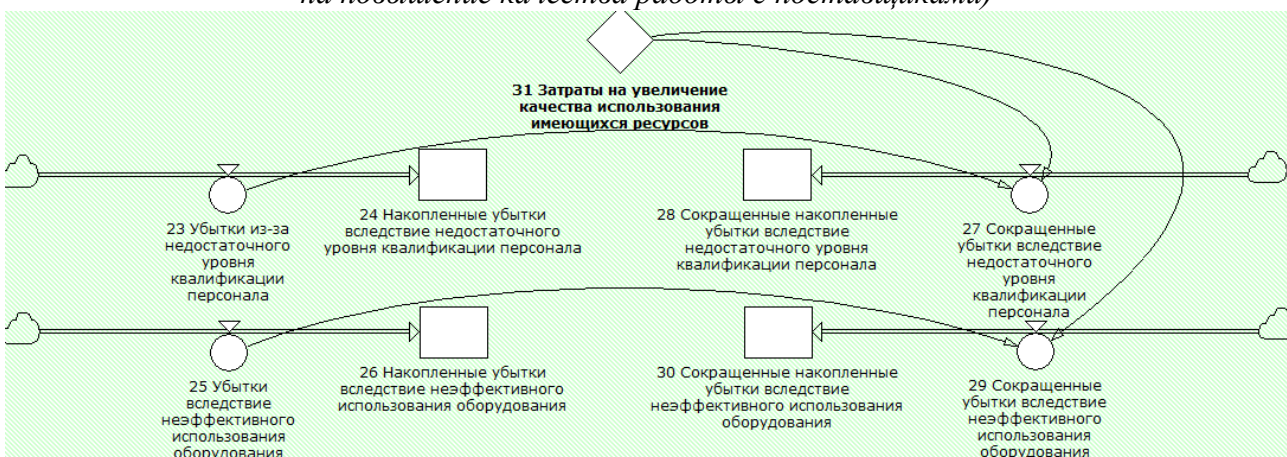
При этом система управления снижением убыточности строительного предприятия может быть представлена схематично в виде, приведенном на рис. 3.



Блок 1: Регулирование уровня затрат на управление (средства направлены на повышение качества работы с поставщиками)



Блок 2: Регулирование уровня затрат на управление (средства направлены на повышение качества работы с поставщиками)



Блок 3: Регулирование уровня затрат на управление (средства направлены на повышение качества управление проектами)

Рисунок 2 – Блоки модели прогнозирования уровня снижения убытков строительного предприятия

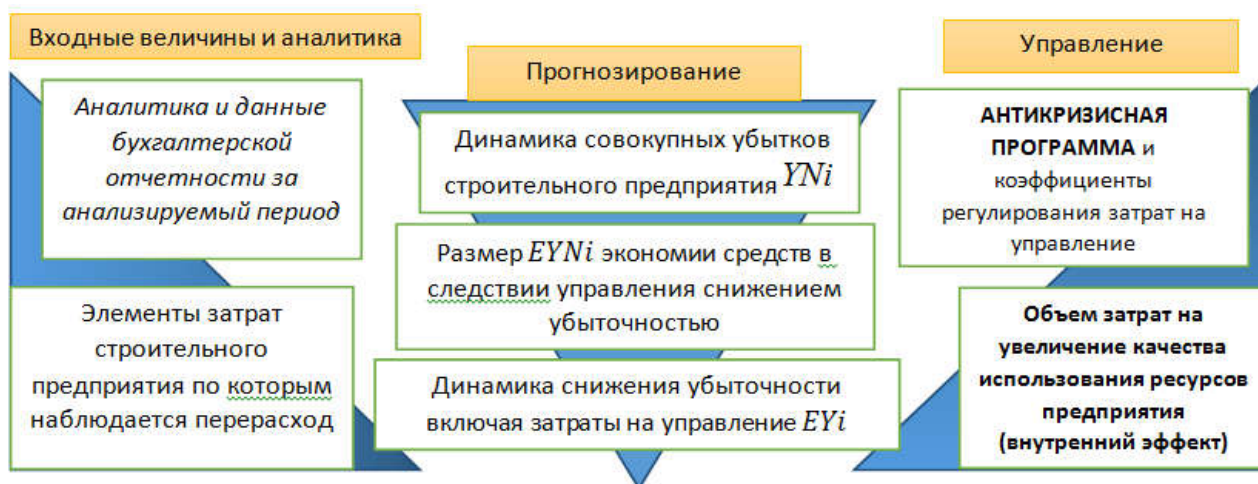


Рисунок 3 – Система управления затратами на снижение убыточности строительного предприятия

Запишем модель с помощью уравнений, используя следующие индексы:  $t = t_0, t_0+1, \dots, t_n$  – индекс периода (быстрое время: 1 период, шаг моделирования = 1 месяц),  $t_n$  – горизонт планирования принят 12 месяцев;  $i = 1, 2, \dots, I$  – индекс мест возникновения убытков для промышленного предприятия.

Уровни, которые рассчитывают накопленные убытки, связанные с неэффективным управлением ресурсами строительного предприятия, будут иметь вид:

$$YNi(t+1) = YNi(t) + Yi(t), \quad i = \overline{1,7}, \quad (1)$$

где  $YNi$  – накопленные убытки  $i$ -того уровня управления процессом;  
 $Yi$  – убытки  $i$ -той переменной/фактора затрат.

Переменные, рассчитывающие убытки с шагом  $t$ , вычисляются по формуле:

$$Yi = N(\overline{x_{Yi}}, \sigma_{Yi}^2), \quad (2)$$

где  $Yi$  – убытки  $i$ -той переменной/фактора затрат;  
 $N$  – нормальный закон распределения величины затрат предприятия;  
 $x_{Yi}$  – параметр среднего значения нормального закона распределения для  $i$ -той переменной;  
 $\sigma_{Yi}^2$  – параметр среднеквадратического отклонения нормального закона распределения для  $i$ -той переменной.

Сокращенные убытки будут рассчитываться по формуле:

$$EYi = Yi - k_{EYi} \times ZPj, \quad (3)$$

где  $EYi$  – сокращенные убытки  $i$ -той переменной вследствие снижения объема несвоевременных поставок материалов;  
 $k_{EYi}$  – настроечный коэффициент для  $i$ -той переменной управления снижением убыточности;  
 $ZPj$  – затраты на увеличение качества/потенциала использования  $j$ -ого ресурса.

Уровни сокращенных накопленных убытков рассчитываются:

$$EYNi(t+1) = EYNi(t) + EYi(t), \quad (4)$$

где  $EYNi$  – сокращенные накопленные убытки  $i$ -того уровня;  
 $EYi$  – сокращенные убытки  $i$ -той переменной.

Разработанная модель позволила сделать прогноз основных показателей оценки эффективности системы снижения затрат строительного предприятия управления затратами, показанный на рис. 4.

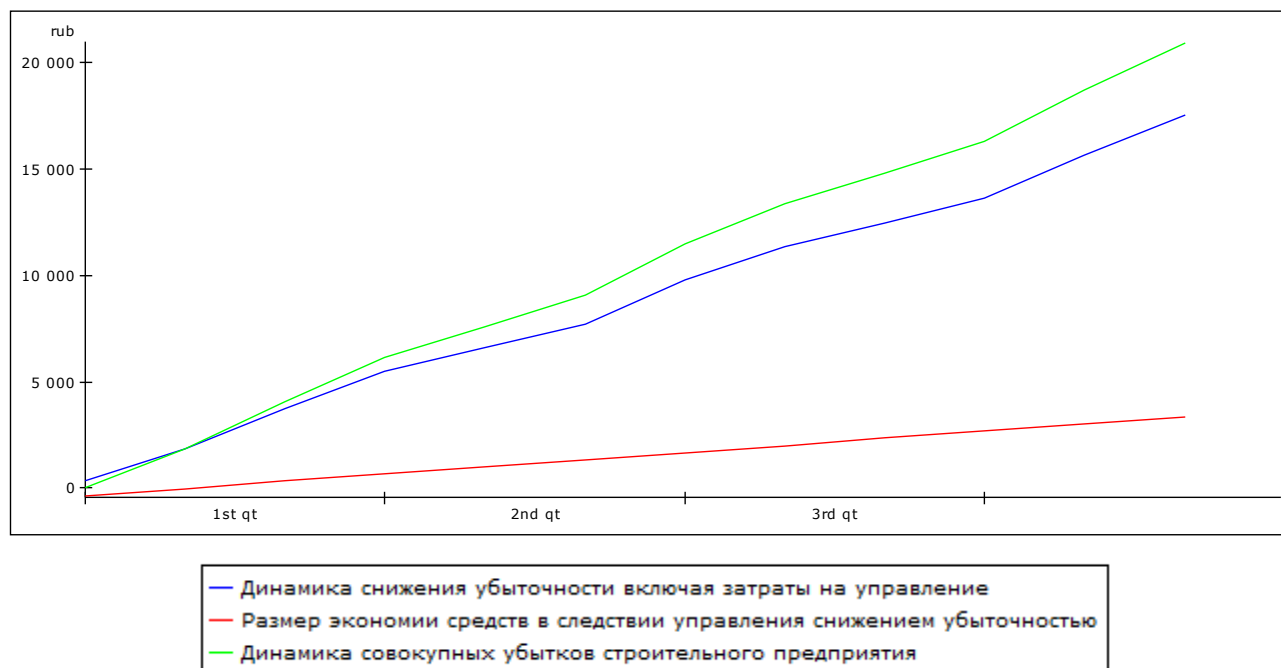


Рисунок 4 – Прогноз основных показателей оценки эффективности системы снижения затрат строительного предприятия управления затратами

## Выводы

Полученная прогнозная системно-динамическая модель позволяет установить размер экономии средств или баланс снижения расходов, вследствие введения в бюджет расходов и дополнительных затрат на управление затратами (средства направлены на предотвращение отклонений фактических показателей расхода от их запланированных значений). Размер экономии в долгосрочной перспективе составляет около 3300 тыс. руб.

## Литература

1. Заболотская Н. В., Козлова Т. В. Оценка экономического потенциала предприятия / Экономический анализ: теория и практика, 2009, №5
2. Сидоренко В. Н. Системно-динамическое моделирование в среде POWERSIM. М.: Изд-во МАКС Пресс, 2001. – 159 с.
3. Кузин В. С., Юрьев Г. А., Шахдинаров П. Т. Методы и модели управления фирмой. – СПб: Питер, 2001. – 432 с.
4. Глухов В. В., Медников М. Д., Коробко С. Б. Математические методы и модели для менеджмента. 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: издательство «Лань», 2005. – 528 с.



УДК 004.94

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В САПР

**Чернышов Д. Н., Григорьев А. В.**

Донецкий национальный технический университет

кафедра программной инженерии

E-mail: [dima.ch2000@mail.ru](mailto:dima.ch2000@mail.ru)

### **Аннотация:**

**Чернышов Д. Н., Григорьев А. В. Моделирование физических процессов в САПР.** Рассмотрены некоторые физические расчеты, применяемые в большинстве САПР. Определены преимущества моделирования физических процессов. Описана важность комплекса САЕ.

### **Annotation:**

**Chernishov D. N., Grigoriev A. V. Modelling of physical processes in CAD.** Some physical calculations, used in most of CAD, are examined. The advantages of physical processes modelling are identified. The importance of CAE complex is described.

### **Введение**

Моделирование физических процессов [1] – один из самых актуальных аспектов САПР (систем автоматизированного проектирования). Эта функция применяется, например, в проектировании зданий, транспорта, трубопроводов и многого другого.

САПР включает в себя компоненты CAD, CAM, CAE. На моделировании физических процессов специализируется комплекс САЕ (computer-aided engineering). Расчетная часть пакетов САЕ базируется на численных методах решения дифференциальных уравнений.

Целью работы является рассмотрение такое моделирование физических процессов в САПР, как:

- прочностные расчеты;
- тепловые расчеты;
- аэро- и гидродинамические расчеты.

Будем иллюстрировать изложение материала конкретными примерами из возможностей тех или иных САПР. Примечание: в различных САПР физические процессы моделируются по-разному [2].

### **1. Прочностные расчеты**

Статические расчеты конструкций на прочность являются особо важными в машиностроительном проектировании. Часто в машиностроительном проектировании появляется необходимость оценить напряженное состояние отдельных деталей или конструкции в целом [3-4].

Обычно при проверочном расчете изделия на прочность нас интересует распределение составляющих напряжений по объему элементов конструкции и максимально возможные значения напряжения компонентов в материале.

Большинство современных САПР позволяют конструктору на этапе проектирования изделия решить обе эти задачи, обеспечив, таким образом, высокие механические характеристики будущего изделия.

Прочностные расчеты содержат:

- анализ потери устойчивости конструкций;
- расчет напряженно-деформированного состояния конструкций при нагрузках (рис. 1);
- расчет ветровых и волновых нагрузок на конструкции и т. д.



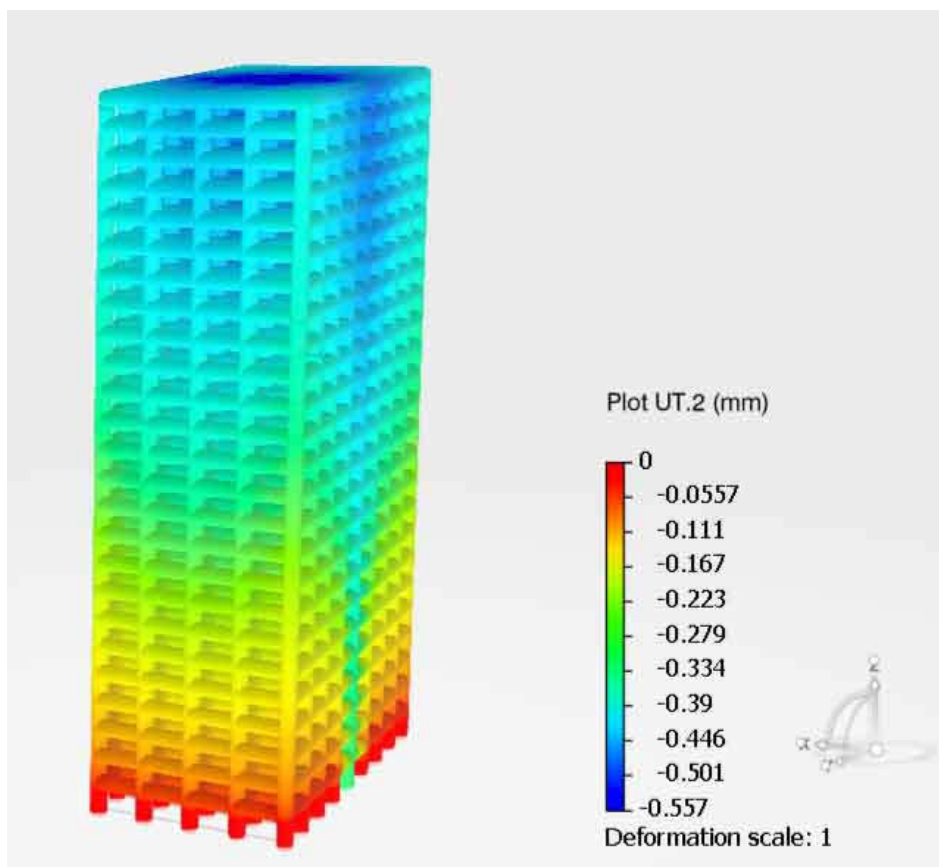


Рисунок 1 – Вертикальная деформация в CATIA Building Structure

## 2. Тепловые расчеты

Изделия, требующие оценки теплового режима, весьма разнообразны: это и тепловые двигатели, и различные электрические устройства, выделяющие тепловую энергию, и специализированные термические установки.

Как правило, перед разработчиком ставится задача оценки температурных режимов деталей изделия или изделия целиком. То есть, необходимо определить температуры, возникающие в изделии при воздействии приложенных к системе источников тепловой энергии.

Тепловые расчеты включают в себя [3-4]:

- анализ термических напряжений (рис. 2) в конструкциях (моделирование напряжений в случае пожаров или циклических тепловых нагрузок);
- термогидравлические расчеты трубопроводов (моделирование протекания потоков в сложных системах труб с учетом тепловых потоков на стенах);
- моделирование работы систем вентиляции (полная картина воздушных потоков, создаваемых вентиляцией); и т. д.

Следует отметить, что наличие тепловых моделей является довольно сложной функцией САПР.

Не все САПР поддерживают возможности физического моделирования тепловых процессов. Можно назвать, для примера, САПР, поддерживающие такую возможность, такие, как:

- CATIA;
- AVEVA;
- SolidWorks, и т. д.

Как правило такие системы относятся к полноценным САПР, т. е. содержат компоненты CAD / CAM / CAE.

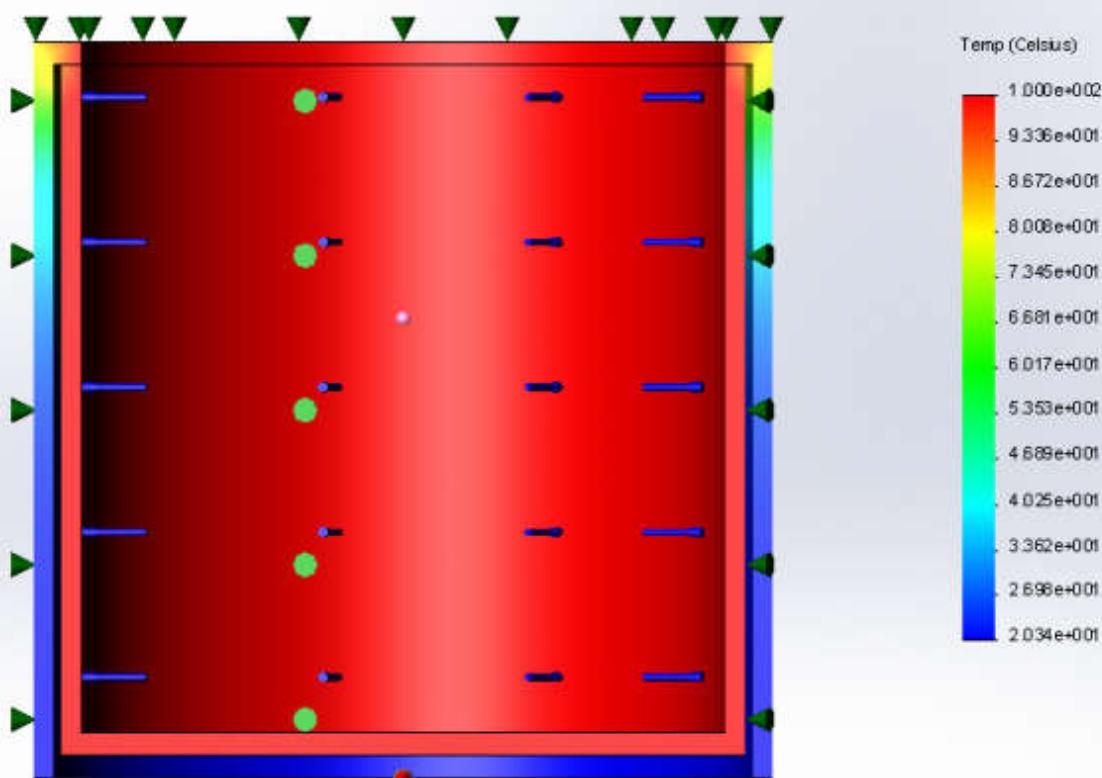


Рисунок 2 – Симуляция нагрева тела в SolidWorks Simulation

### 3. Гидродинамические и аэродинамические расчеты

Для моделирования потоков жидкостей и газов в САПР применяется так называемая вычислительная гидродинамика. В ней используются основные уравнения гидро- и газодинамических потоков, а именно [2-4]:

– уравнение сохранения энергии:  $z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$ ;

– уравнение сохранения импульса:  $\sum_{i=1}^n m_i V_i = const$ ;

– уравнение неразрывности:  $\frac{V_{cp1}}{V_{cp2}} = \frac{S_2}{S_1}$ ;

– уравнение состояния газов:  $\left( P + \frac{a}{V_\mu^2} \right) (V_\mu - b) = RT$ .

Эти уравнения характеризуют модель течения среды. Из них и нескольких дополнительных уравнений (уравнения для учёта турбулентности, учёта переноса веществ, учёта химических реакций и т. д.) составляется система нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка.

В случае моделирования реального процесса производится так называемая дискретизация пространства и времени, таким образом, что геометрия процесса разбивается на расчётные ячейки, выбранные особым образом, а время процесса – на расчётные временные интервалы.

Пример моделирования аэродинамики в САПР самолетостроения показан на рис. 3.

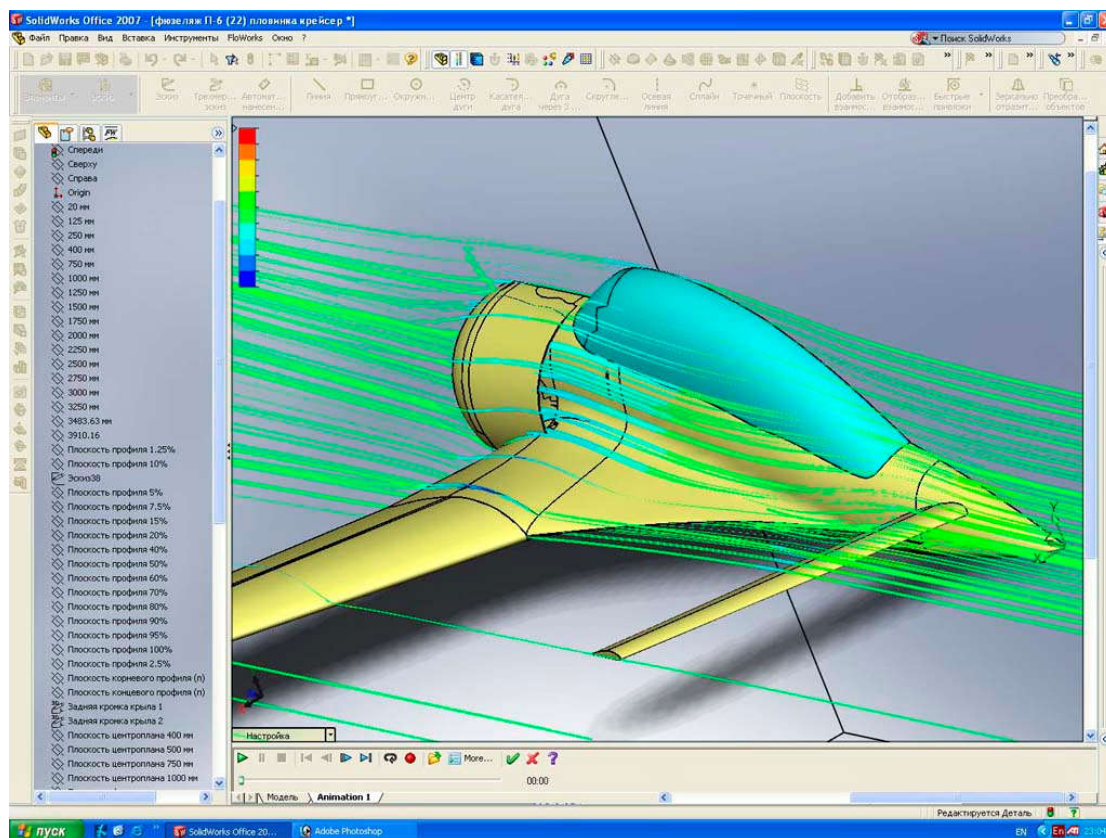


Рисунок 3 – Аэродинамика самолета в CosmosFloworks

С помощью гидро- и аэродинамических расчетов можно смоделировать:

- потоки в трубопроводах;
- внешнюю аэродинамику, обтекание подводных конструкций;
- химические реакции в потоках;
- работу систем вентиляции и кондиционирования;
- течения, создаваемые вращательными движениями машин и т. д.

### Выводы

Проделанный анализ позволяет сказать, что моделирование физических процессов играет одну из самых важных и актуальных ролей в развитии САПР. Однако, комплекс САЕ все еще нуждается в улучшении, т. к. на данный момент в большинстве САПР используется только простая математика. Также хотелось бы отметить, что для правильного развития САЕ также необходимо развивать смежный комплекс CAD, т. к. наличие полноценной, хорошей графики облегчает моделирование физических процессов.

### Литература

1. Журнал «САПР и графика» [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: <https://sapr.ru/article/14943> (дата обращения: 13.05.2018)
2. ТЕХНОЛОГИИ, ИНЖИНИРИНГ, ИННОВАЦИИ [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: <http://integral-russia.ru/2018/03/09/catia-building-structure-predlagaet-tselostnyj-podhod-k-proektirovaniyu-i-analizu-zdaniy/> (дата обращения: 14.05.2018)
3. CFD group [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: <http://www.cfdgroup.ru/> (дата обращения: 13.05.2018)
4. Форум CAD/CAM/CAE/PLM [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: <http://cccp3d.ru/topic/69265-симуляция-нагрева-тела/> (дата обращения: 14.05.2018)

УДК 004.023

## МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФИКА ПРОХОЖДЕНИЯ ЛЕЧЕБНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕДУР

Задорожная Е. Г.\*, Савкова Е. О.\*, Кожбакова А. А.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления

\*\* Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Севастопольский государственный университет»

E-mail: [ekaterina.zadorozhnaya.95@gmail.com](mailto:ekaterina.zadorozhnaya.95@gmail.com)

### *Аннотация:*

*Задорожная Е. Г., Савкова Е. О., Кожбакова А. А. Модифицированный генетический алгоритм формирования графика прохождения лечебно-оздоровительных процедур. Разработан алгоритм, особенностью которого является использование двух взаимосвязанных хромосом. Рассмотрены модифицированные процедуры скрещивания и мутации, адаптированные для работы с предложенными структурированными объектами генетической оптимизации.*

### *Annotation:*

*Zadorozhnaya K. G., Savkova H. O., Kozhbakova A. A. Modified genetic algorithm for creation of the schedule for the passing of health-related procedures. The algorithm which feature is use of two interconnected chromosomes is developed. Modified crossing and mutation procedures adapted to work with the proposed structured objects of genetic optimization are considered.*

### **Введение**

Для разработки соответствующего заданным требованиям алгоритма формирования графика прохождения лечебно-оздоровительных процедур были рассмотрены различные методы решения задач календарного планирования, в том числе и метаэвристики, которые хорошо себя показали при решении оптимизационных, комбинаторных, а также других видов задач. Алгоритм метаэвристик основан на случайном поиске возможных решений задачи, оптимальных или близких к оптимальным, пока не будет выполнено некое условие или достигнуто заданное число итераций.

В результате анализа было выявлено, что ни один из методов в классическом представлении не может покрыть все аспекты разрабатываемой предметной области. Однако, генетический алгоритм является более гибким в процессе поиска решения, поскольку использует несколько точек поискового пространства [1]. Для решения поставленной задачи предложено использовать модифицированный генетический алгоритм, который позволит получать оптимальные решения с учетом особенностей и специфики работы лечебно-оздоровительных учреждений.

### **Представление особи**

В разрабатываемом модифицированном генетическом алгоритме подразумевается, что особь является возможным вариантом графика прохождения лечебно-оздоровительных процедур для выбранного пациента  $p_i$ .

Каждая особь представлена в виде двух взаимосвязанных хромосом, где информация 1-ой – оборудование, отведенное на проведение назначенных процедур, а 2-ой – сеансы (промежутки времени), за которые процедуры будут проведены пациенту (рис. 1) [2]. Также в данной задаче можно использовать особь, состоящую из трех хромосом, где 3-я содержит



информацию о специалистах, предоставляющих процедуры. Однако для упрощения алгоритма данная информация будет учитываться в назначениях  $ap_s$ .

В предлагаемом генетическом алгоритме не требуется кодирования генов хромосом в виде нулей и единиц как это принято в существующих генетических алгоритмах. Гены 1-ой хромосомы содержат информацию об оборудовании из множества  $Eq = \{eq_z\}$ , где  $z \in [1, N_{eq}]$ . При этом каждое оборудование предназначено для определённой процедуры или вида процедур. Поэтому оборудование  $eq_z (eq_z^{num}, eq_z^{type})$  характеризуется номером  $eq_z^{num}$  и типом проводимых процедур  $eq_z^{type}$ . Гены 2-ой хромосомы содержат информацию о промежутках времени из множества временных интервалов  $T = \{t_k\}$ , где  $k \in [1, N_t]$ . Каждый временной интервал  $t_k (t_k^{date}, t_k^{time})$  характеризуется двумя параметрами:  $t_k^{date}$  – дата проведения лечебно-оздоровительной процедуры (номер дня),  $t_k^{time}$  – время (номер временного интервала в течение дня).

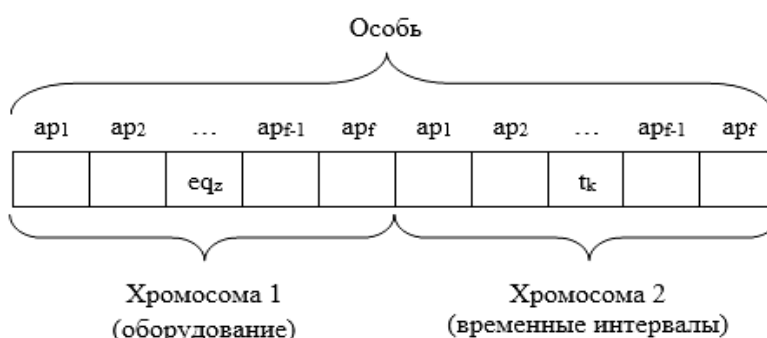


Рисунок 1 – Структура особи

Для структурирования необходимых данных возникла необходимость в множестве назначения  $Ap = \{ap_s\}$ , где  $s \in [1, f]$ . Данное множество содержит блочную информацию о назначенных процедурах  $proc_j$  пациенту  $p_i$ , и специалистам, которые будут их проводить.

В обеих хромосомах одинаковое количество генов  $f$ , равное количеству назначенных процедур пациенту. Следовательно,  $s$  гену 1-ой хромосомы соответствует оборудование (из числа допустимых), выбранное для предоставления процедуры, а  $s$  гену 2-ой хромосомы – время её проведения [2].

### Этапы модифицированного генетического алгоритма

Разработанный модифицированный генетический алгоритм для решения задачи формирования оптимального графика прохождения лечебно-оздоровительных процедур можно представить следующей последовательностью действий:

1. Установка параметров эволюции. Инициализация начальной популяции для одного пациента. Формирование каждой особи происходит следующим образом. Для каждого гена 1-ой и 2-ой хромосомы, соответствующей назначению  $ap_s$  для  $p_i$  пациента, задаются некоторые значения: для 1-ой – номер оборудования из допустимых для проведения назначенной процедуры, для 2-ой – номер свободного интервала времени.

Описанный процесс продолжается до момента достижения численности популяции, определяемой в начале алгоритма при установке параметров эволюции.

2. Селекция особей. Оценка всех особей, входящих в популяцию, отбор наиболее приспособленных особей, имеющих более предпочтительные значения функции пригодности по сравнению с остальными особями [3]. Оператор отбора является важнейшим фактором, влияющим на эффективность генетического алгоритма, поскольку неудачный выбор метода селекции может привести к сужению области поиска и к потере наиболее приспособленных особей популяции.



Для предотвращения потери лучших особей в качестве метода отбора предлагается использовать турнирную селекцию, дополненную принципом элитарной стратегии [4], которая заключается в защите наилучших особей на последующих итерациях. Из предыдущей популяции выбирается  $Q$  отдельных особей (число  $Q$  имеет фиксированное числовое значение), имеющих максимальное значение функции пригодности (1) [3].

Функцией пригодности в данном случае является целевая функция, представленная в виде суммы значений критериев потери качества  $K$  для всех назначенных процедур пациенту  $p_i$ . Требуется найти такое решение, которое минимизирует значение целевой функции:

$$F = \sum_{p=1}^N K_p \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $K_p$  – значение критерия потери качества для одной из назначенных процедур пациенту.

При этом  $K_p$  вычисляется по формуле:

$$K = f(eq_z, t_k) = \sum_{q=1}^M c_q \text{coef}_q(eq_z, t_k), \quad (2)$$

где  $\text{coef}_q$  – значение коэффициента штрафа за невыполнение  $q$ -го частного критерия;  
 $c_i$  – оценка, определяющая степень невыполнения  $q$ -го частного критерия;  
 $eq_z$  – оборудование;  
 $t_k$  – временной интервал [4].

3. Создание потомков выбранных пар родителей – выполнение оператора кроссинговера. Для каждой пары отобранных особей случайным образом выбираются позиции гена  $G_1$  и  $G_2$  и производится обмен участками генетического кода между соответствующими хромосомами родительских особей. Первая часть одного родителя копируется в первого потомка. Во вторую часть потомка копируются гены второго родителя. Если такие гены уже встречаются в потомке, то они пропускаются, а оставшуюся часть потомка дополняют генами первого родителя [5].

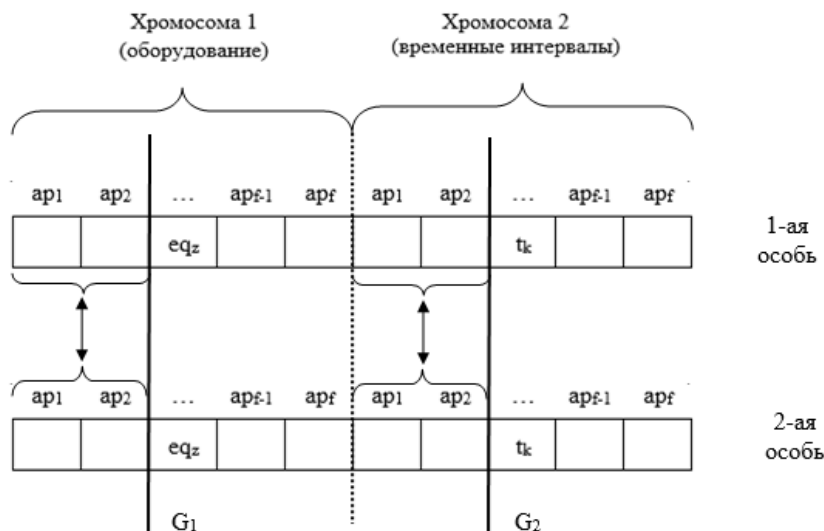


Рисунок 2 – Схема скрещивания двух особей

4. Мутация новых особей. Мутация играет достаточно важную роль в работе генетического алгоритма: вносит дополнительное разнообразие в текущую популяцию и тем самым расширяет пространство поиска оптимального решения [3].

В результате мутации  $s$ -му 1-ой хромосомы будет присвоен номер оборудования, из допустимого набора оборудования, предназначенных для проведения данной процедуры, а для  $s$ -го гена 2-ой хромосомы будет выбрано любое свободное значение временного интервала для данного оборудования (рис. 3).

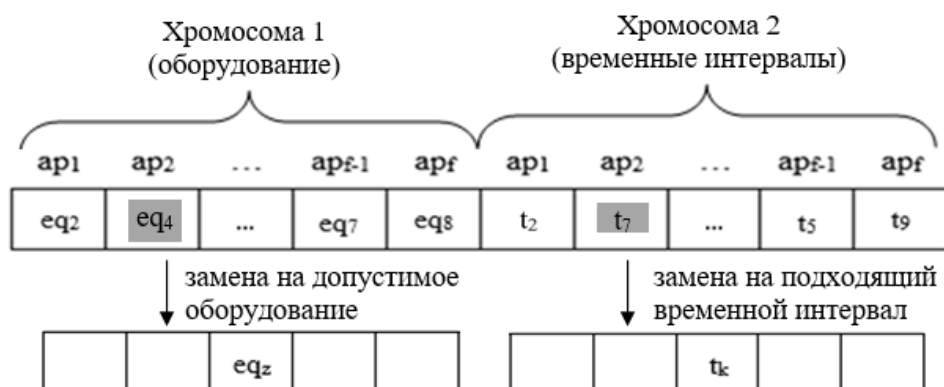


Рисунок 3 – Схема мутации особи

5. Проверка значений функции конфликтов. Если этот ген не равен нулю, значит в хромосоме или одинаковым временным интервалам соответствуют разные процедуры, или одному оборудованию соответствуют разные процедуры, или одно оборудование соответствует одинаковым временным интервалам. Такое расписание содержит конфликт, который обязательно должен быть разрешен. В этом случае следует заменить номер оборудования или временного интервала на свободный (рис. 4).

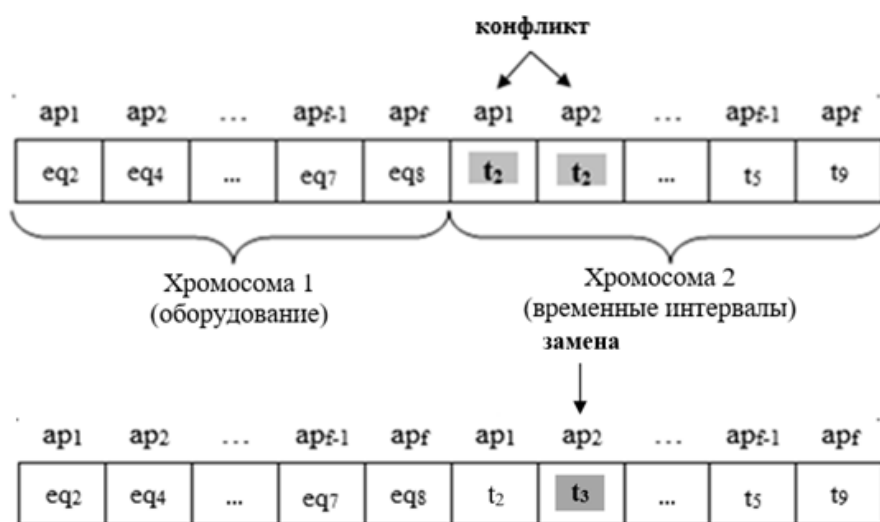


Рисунок 4 – Проверка значения функции конфликтов

Ген «конфликтов» позволяет сократить время проведения вычислительного эксперимента, что непосредственно он ускоряет процесс сходимости алгоритма и получения оптимального решения [3].

6. Расширение популяции новыми порожденными особями. Оператор отбора выполняет функции фильтрующего инструмента, который выделяет в составе популяции особи, имеющие низкое значение функции пригодности. Выделенные найденные слабые особи удаляются из популяции, происходит сокращение расширенной популяции до исходного размера [3].

7. Обнаружена сходимость или достигнуто максимальное количество итераций. В результате применения операторов селекции, кроссинговера и мутации формируется



популяция потомков, которая заменяет родительскую популяцию, после чего выполняется проверка сходимости алгоритма.

Если критерий останова алгоритма выполнен, то выбор лучшей особи в конечной популяции – результат работы алгоритма. Иначе переходим на шаг 2 (селекция особей) и выполняем алгоритм до тех пор, пока не выполнится критерий останова. В качестве решения выбирается особь, которая в наибольшей степени удовлетворяет всем требованиям и ограничениям разрабатываемой предметной области [2].

Существует также менее ресурсозатратный вариант решения. Упрощение происходит на уровне формирования особи. Поскольку каждая процедура  $proc_j$ , назначенная пациенту  $p_i$  может предоставляться с определённой периодичностью (каждый день, раз в 2-3 дня и т. д.), то оптимально будет определить оборудование и интервал времени для 1-ой процедуры кожного вида, а потом занимать полученные интервалы с указанной периодичностью. Эффективность обоих вариантов будет рассмотрена экспериментальным путем.

### Выводы

В рамках данной статьи был детально описан разрабатываемый модифицированный генетический алгоритм формирования оптимального графика прохождения лечебно-оздоровительных процедур. В качестве объектов генетической оптимизации было предложено использовать особи, состоящие из двух хромосом, связанных между собой генами, которые характеризуют блоки назначений процедур.

Также были предложены модифицированные процедуры скрещивания, мутации, проверки значений функции конфликтов, специально адаптированные для работы с предложенными структурированными объектами генетической оптимизации. Это позволяет существенно упростить учет ограничений, вызванных особенностями разрабатываемой предметной области.

В результате была сформирована теоретическая база для реализации модифицированного генетического алгоритма. Целесообразно проводить исследования по оптимизации и улучшению разрабатываемого алгоритма для получения более удовлетворяющих результатов.

### Литература

1. Задорожная Е. Г., Савкова Е. О. Метаэвристические алгоритмы формирования оптимального графика прохождения лечебно-оздоровительных процедур // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ – 2017) / Материалы VIII международной научно-технической конференции - Донецк: ДонНТУ, 2017 г. - с. 270-275.
2. Кабальной Ю. С., Шехтман Л. И., Низамова Г. Ф., Земченкова Н. А. Композиционный генетический алгоритм составления расписания учебных занятий // Вестник УГАТУ / Научные статьи и доклады / Информационные технологии - Уфа: УГАТУ, 2006 г. - Том 7, № 2 (15). - с. 99–107.
3. И. Ф. Астахова, А. М. Фирас Составление расписания учебных занятий на основе генетического алгоритма // Вестник ВГУ / Системный анализ и информационные технологии - Воронеж: ВГУ, 2013 г., - № 2, с. 93-99.
4. Назимова Г. Ф. Математическое и программное обеспечение составления расписаний учебных занятий на основе агрегативных генетических алгоритмов // Автореферат дис. к.т.н. - Уфа 2006 г. – с. 20.
5. Сиделев А. А., Крушель Е. Г. Методы и алгоритмы оперативного управления учебным процессом в профессиональных образовательных организациях // Волгоград, 2018 г.- с. 171.

УДК 004.04

## НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СБЫТА ПРОДУКЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вудвуд Е. Ю., Васяева Т. А., Теплова О. В.

Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления  
E-mail: [katya-1\\_93@mail.ru](mailto:katya-1_93@mail.ru), [vasyaeva@gmail.com](mailto:vasyaeva@gmail.com)

### Аннотация:

**Вудвуд Е. Ю., Васяева Т. А., Теплова О. В. Нейросетевое прогнозирование сбыта продукции строительных материалов.** В статье рассмотрена задача прогнозирования продаж строительных материалов. Построены и исследованы временные ряды продаж строительных материалов за 2015-2016 гг. Разработана архитектура нейронной сети сбыта продукции строительных материалов.

### Annotation:

**Vudvud E., Vasyaeva T., Teplova O. Neural network forecasting of building materials production.** The problem of forecasting sales of building materials is considered in the article. Time series of sales of building materials for 2015-2016 are constructed and investigated. The architecture of the neural network of production of building materials is developed.

### Актуальность

Прогнозирование продаж продукции является одним из ключевых показателей любого торгового предприятия, характеризующих его коммерческую деятельность. Объектом исследования является процесс обработки информации и прогнозирования на частном предприятии, которое занимается сбытом строительных материалов и состоит из головного офиса и двух торговых точек.

**Цель работы** – повысить эффективность управления деятельностью предприятия за счет разработки подсистемы прогнозирования сбыта, что позволит обеспечить наличие товара в нужном количестве.

### Исследования

В качестве исследуемых данных были рассмотрены данные, отражающие объемы продаж строительных материалов за 2015–2016 года (табл. 1-3).

Таблица 1 – Продажи по месяцам за 2015–2016 гг. строительных материалов (ДВП, шт.)

2015 год												
Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Продажи	280	265	350	360	420	657	790	761	530	400	350	330
2016 год												
Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Продажи	290	300	375	475	450	700	750	683	500	350	300	243

Таблица 2 – Продажи по месяцам за 2015–2016 гг. строительных материалов (шлакоблок, шт.)

2015 год												
Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Продажи	356	230	310	330	510	725	1200	1520	800	720	425	480
2016 год												
Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Продажи	320	250	350	310	480	790	1010	1310	725	620	470	320

Таблица 3 – Продажи по месяцам за 2015–2016 гг. строительных материалов (рубероид, шт.)

2015 год												
Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Продажи	31	20	28	47	83	132	147	138	102	75	57	21
2016 год												
Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Продажи	26	27	35	43	76	181	172	171	106	52	31	15

На основе этих данных были построены временные ряды (рис. 1-3). Временной ряд – это последовательность упорядоченных во времени числовых показателей, характеризующих уровень состояния и изменения изучаемого явления [1].

Для построения прогностической модели необходимо знать три параметра:

- интервал прогноза – временной интервал, на котором будет осуществляться прогнозирование: день, неделя, месяц, квартал или год;
- горизонт прогноза – на какое количество интервалов (дней, недель и т. д.) ставится цель получить прогноз;
- глубину погружения – количество значений интервалов прогноза в прошлом, которое будет использоваться для предсказания значений интервалов в будущем.

Интервал прогноза определяется исходя из имеющихся данных. В данном случае это один месяц.

Горизонт прогноза: будет получен прогноз на один интервал вперед.

Чтобы определить глубину погружения, необходимо анализировать временной ряд, что было выполнено в [2] построением автокорреляционной функции.



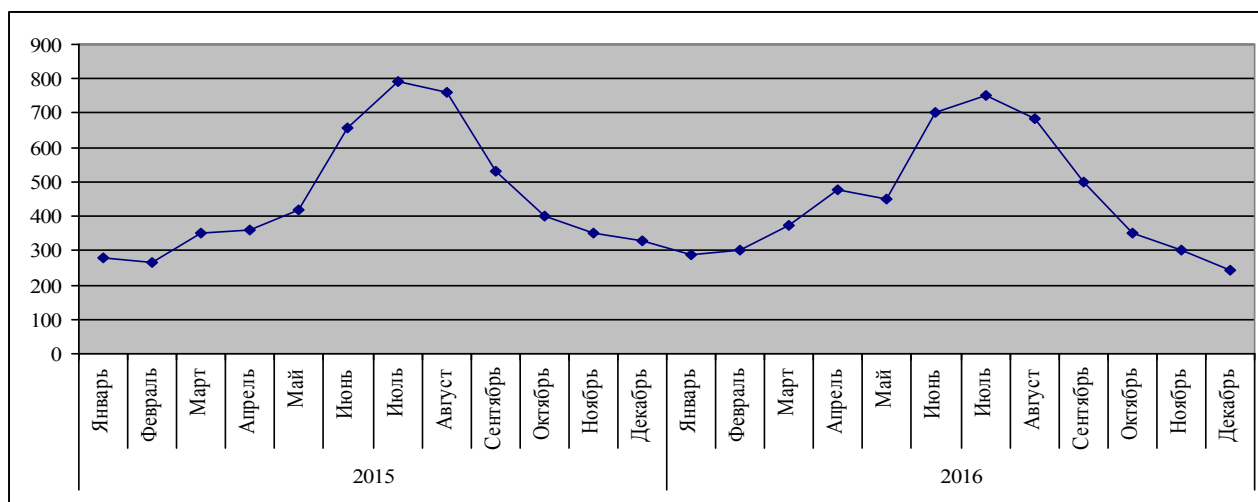


Рисунок 1 – График продаж ДВП по месяцам за 2015–2016 гг.

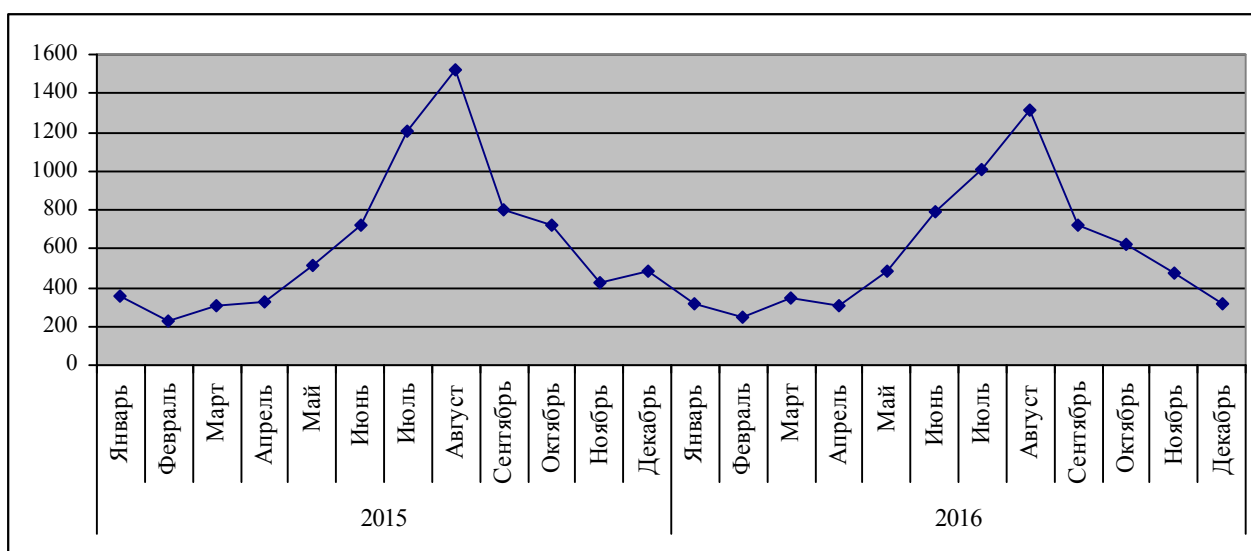


Рисунок 2 – График продаж шлакоблока за 2015–2016 гг.

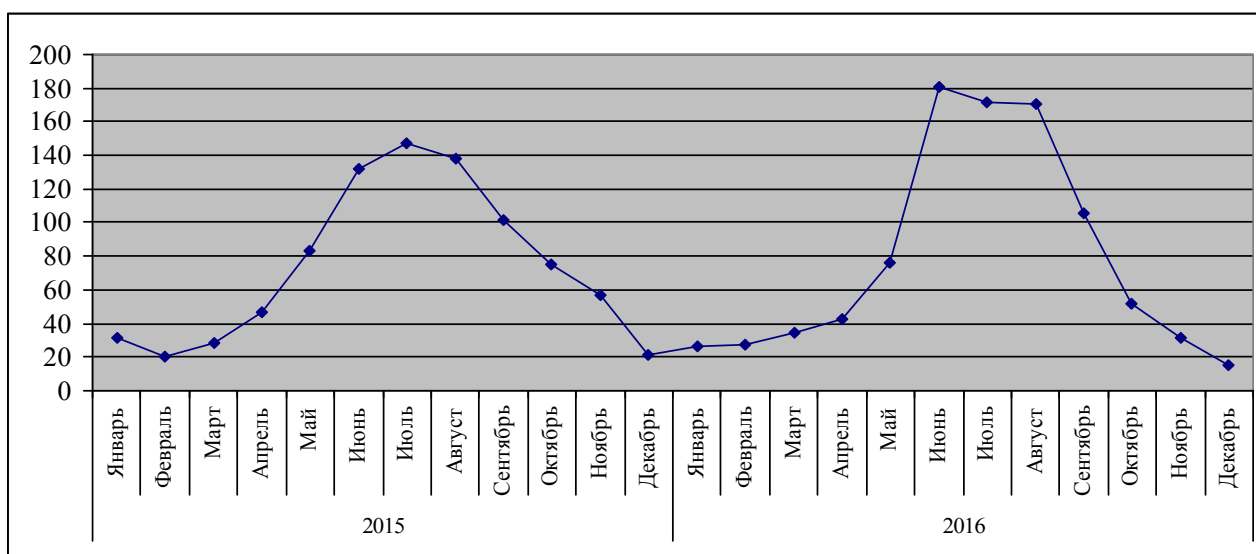


Рисунок 3 – График продаж рубероида за 2015–2016 гг.

Обобщенную модель прогноза можно представить графически (рис. 4) либо следующей функцией:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

где  $Y$  – исследуемая величина, в следующий момент времени;  
 $x_1, x_2, \dots, x_n$  – необходимые значения исследуемой величины в прошлом.

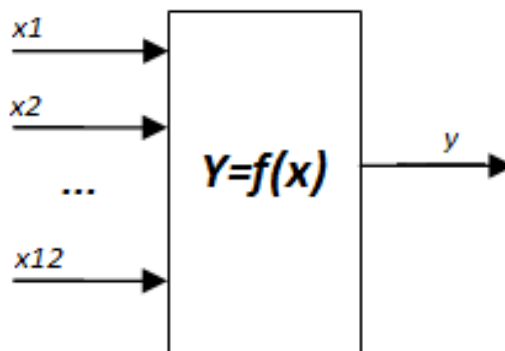


Рисунок 4 – Обобщенная модель прогноза для строительных материалов.

### Разработка модели

Качество прогноза во многом зависит от выбранной математической модели. В [1] выполнен аналитический обзор моделей и методов прогнозирования. Достаточно часто для решения задачи прогнозирования используются регрессионные модели, но в последние десятилетия были предложены модели на основе искусственных нейронных сетей [3].

Нейронная сеть имеет хорошую работоспособность при использовании малых обучающих выборок, не обеспечивающих получение статистически достоверных результатов классическими методами.

Для решения задачи с помощью искусственной нейронной сети необходимо:

- сформировать обучающую выборку;
- выбрать конфигурацию нейронной сети;
- обучить нейронную сеть;
- протестировать нейронную сеть.

Согласно проведенным исследованиям [2], в качестве входных данных целесообразно использовать четыре предыдущих показателя (глубина погружения 4 месяца), и учитывая сезонность четыре месяца годом ранее. Таким образом, входов у разрабатываемой нейронной сети будет 8, а обучающая выборка будет иметь вид (табл. 4-6).

Таблица 4 – Входная обучающая выборка для нейронной сети (строительный материал – ДВП, шт.)

Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4	Вход 5	Вход 6	Вход 7	Вход 8	Выход
280	265	350	360	290	300	375	475	450
265	350	360	420	300	375	475	450	700
350	360	420	657	375	475	450	700	750
360	420	657	790	475	450	700	750	683
420	657	790	761	450	700	750	683	500
657	790	761	530	700	750	683	500	350
790	761	530	400	750	683	500	350	300
761	530	400	350	683	500	350	300	243

Таблица 5 – Входная обучающая выборка для нейронной сети (строительный материал – шлакоблок, шт.)

Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4	Вход 5	Вход 6	Вход 7	Вход 8	Выход
356	230	310	330	320	250	350	310	480
230	310	330	510	250	350	310	480	790
310	330	510	725	350	310	480	790	1010
330	510	725	1200	310	480	790	1010	1310
510	725	1200	1520	480	790	1010	1310	725
725	1200	1520	800	790	1010	1310	725	620
1200	1520	800	720	1010	1310	725	620	470
1520	800	720	425	1310	725	620	470	320

Таблица 6 – Входная обучающая выборка для нейронной сети (строительный материал – рубероид, шт.)

Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4	Вход 5	Вход 6	Вход 7	Вход 8	Выход
31	20	28	47	26	27	25	43	76
20	28	47	83	27	25	43	76	181
28	47	83	132	25	43	76	181	172
47	83	132	147	43	76	181	172	171
83	132	147	138	76	181	172	171	106
132	147	138	102	181	172	171	106	52
147	138	102	75	172	171	106	52	31
138	102	75	57	171	106	52	31	15

Согласно [3] для решения задач прогнозирования больше всего подходят следующие виды нейронных сетей:

- многослойный персептрон (MLP-сеть);
- радиально-базисная сеть (RBF-сеть).

В большинстве случаев при решении одной и той же задачи размер сети RBF будет превышать размер MLP.

Сеть RBF имеет в своем составе один скрытый уровень, а сеть MLP в общем случае – несколько.

Известно, что любая функция может быть аппроксимирована трехслойной сетью MLP с одним скрытым слоем с любой степенью точности. При этом применение большего количества уровней является нецелесообразным, так как при этом время обучения увеличивается, а точность прогноза уменьшается.

Таким образом, задача выбора числа слоев для обоих типов нейросетей не стоит: как сеть RBF, так и сеть MLP должны иметь один скрытый слой.

Сети RBF позволяют использовать лишь гауссову функцию активации, либо ее модификации. В то же время MLP обладает способностью работать с различными функциями, что дает более широкие возможности для экспериментирования в процессе построения нейросетевой модели.

Кроме того, сеть RBF не обладает способностью к экстраполяции данных при увеличении ширины диапазона значений входных данных.

Недостатком сети MLP по сравнению с RBF является более высокая сложность обучения ввиду необходимости совместного обучения нескольких слоев нейронов.

Таким образом, в качестве базовой сети была выбрана MLP-сеть, состоящая из входного слоя, скрытого слоя и выходного слоя. Входов будет 8, количество нейронов на скрытом слое определим экспериментально, количество выходов – 1. Функции активации: на скрытом слое – гиперболический тангенс, на выходном – линейная.

Для обучения сети будет использоваться стандартный алгоритм обратного распространения ошибки [3].

### **Выводы**

В статье реализован нейросетевой подход прогнозирования сбыта (продажи) продукции. Были рассмотрены такие виды нейронных сетей как многослойный персептрон (MLP-сеть) и радиально-базисная сеть (RBF-сеть). В качестве базовой сети была выбрана MLP-сеть, состоящая из входного слоя, скрытого слоя и выходного слоя.

Нейросетевой подход прогнозирования сбыта позволит частному предприятию более качественно планировать не только сбытовую деятельность, но и деятельность всего предприятия в целом. В дальнейшем планируется выполнить программную реализацию и провести эксперименты.

### **Литература**

1. Тихонов Э. Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие. / Тихонов Э. Е. – Невинномыск, 2006. – 221 с.
2. Вудвуд Е. Ю., Васяева Т. А. Анализ статистических данных для системы прогнозирования продаж // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ – 2017). – Донецк, ДонНТУ – 2017, с. 247-254.;
3. Саймон Хайкин Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. / Саймон Хайкин. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с



УДК 512.567.5

## О СВЯЗИ РЕШЁТОК КОНГРУЭНЦИЙ ПОЛИГОНА И ПОЛИГОНА С НУЛЁМ

**Кожухов И. Б.\***, **Мухамедкаримов Е.\*\***

\* Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»  
кафедра высшей математики № 1

\* Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
кафедра теоретической информатики  
E-mail: [kozuhov\\_i\\_b@mail.ru](mailto:kozuhov_i_b@mail.ru)

\*\* Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова  
кафедра теоретической информатики  
E-mail: [ernazavr20099@gmail.com](mailto:ernazavr20099@gmail.com)

### *Аннотация:*

*Кожухов И. Б., Мухамедкаримов Е. О связи решёток конгруэнций полигона и полигона с нулём. Найдена связь между решёткой конгруэнций заданного полигона над полугруппой и полигона, полученного присоединением внешним образом нуля.*

### *Annotation:*

*Kozhukhov I. B., Muhamedkarimov E. On the connections of congruence lattices of the act and the act with zero. We find a connection between the congruence lattice of the act over semigroup and the act which is obtained by addition a zero by external way.*

Полигон над полугруппой – это множество  $X$ , на котором действует полугруппа  $S$ , т. е. определено отображение  $X \times S \rightarrow X$ ,  $(x, s) \mapsto xs$ , удовлетворяющее условию  $x(st) = (xs)t$  при  $x \in X, s, t \in S$  (см. [1]). Полигон над полугруппой является алгебраической моделью автомата. Кроме того, понятие полигона фактически совпадает с понятием унарной алгебры.

Подмножество  $Y \subseteq X$  называется подполигоном, если  $YS \subseteq Y$ . Элемент  $z \in X$  называется нулём, если  $zs = z$  при всех  $s \in S$ . Нулей у полигона, в отличие от полугруппы, может быть сколько угодно (в полугруппе нуль, если он существует, единствен).

Решётку конгруэнций полигона  $X$  над полугруппой  $S$  будем обозначать  $\text{Con}_S X$ . Это полная решётка с наименьшим элементом  $\Delta = \{(x, x) \mid x \in X\}$  и наибольшим элементом  $\nabla = X \times X$ . Если полугруппа  $S$  имеет нуль  $0$ , то естественно рассматривать над этой полугруппой полигоны с нулём, т. е. с таким элементом  $\theta$ , что  $\theta s = x0 = \theta$  при всех  $x \in X, s \in S$ . У полигона с нулём (над полугруппой с нулём) нуль единствен.

Пусть  $X$  – полигон над полугруппой  $S$  и  $Y$  – его подполигон. Положим  $\rho_Y = (Y \times Y) \cup \Delta$ . Это конгруэнция полигона  $X$ , называемая конгруэнцией Риса, соответствующей подполигону  $Y$ . Нетрудно видеть, что для любого подполигона  $Y$  у конгруэнции Риса  $\rho_Y$  один из классов есть множество  $Y$ , а другие классы одноэлементны. Будем обозначать через  $\text{Sub}X$  решётку подполигонов полигона  $X$ . Решёточные операции здесь совпадают с теоретико-множественными пересечением и объединением. Отметим также, что здесь мы должны считать пустое множество подполигоном, иначе решётки подполигонов может не получиться. Нетрудно видеть, что  $\rho_Y \wedge \rho_{Y'} = \rho_{Y \cap Y'}$  и  $\rho_Y \vee \rho_{Y'} = \rho_{Y \cup Y'}$ ; при этом мы считаем, что  $\rho_\emptyset = \Delta$ .

Решётка подполигонов  $\text{Sub}X$  необязательно является подрешёткой решётки  $\text{Con}_S X$ . Отображение  $\text{Sub}X \rightarrow \text{Con}_S X, Y \rightarrow \rho_Y$  в общем случае не является решёточным вложением (даже теоретико-множественным вложением), так как  $\rho_Y = \rho_{Y'} = \Delta$  при таких  $Y, Y' \in \text{Sub}X$ , что  $|Y|, |Y'| \leq 1$ . Нетрудно видеть, что для любого подполигона  $Y \subseteq X$  равенство  $|Y| = 1$





равносильно тому, что  $Y = \{y\}$ , где  $y$  – нуль полигона  $X$ . Вернёмся теперь к рассмотрению полигона  $X$  над полугруппой  $S$ . Присоединим к полугруппе  $S$  внешним образом нуль  $0$  и к полигону  $X$  нуль  $\theta$ . Положим  $S^0 = S \cup \{0\}$ ,  $X^0 = X \cup \{\theta\}$  и определим умножение с участием новых элементов естественным образом:  $X^0 \cdot 0 = \theta \cdot S^0 = \{\theta\}$ . Наша цель – найти связи между решётками конгруэнций  $\text{Con}_{S^0} X^0$  и  $\text{Con}_S X$ . Отметим, что так как нули присоединены внешним образом, то  $\text{Con}_{S^0} X^0 = \text{Con}_S X^0$ . Строение решётки  $\text{Con}_S X^0$  частично можно почерпнуть из следующей теоремы.

**Теорема.** *Решётка конгруэнций  $\text{Con}_S X^0$  является дизъюнктивным объединением решёток, изоморфных подрешёткам решётки  $\text{Con}_S X$ .*

*Доказательство.* Пусть  $\rho \in X^0 = X \cup \{\theta\}$  и  $[\theta]_\rho$  –  $\rho$ -класс, содержащий  $\theta$ . Так как нуль  $\theta$  присоединён внешним образом, то множество  $Y = [\theta]_\rho \setminus \{\theta\}$  – подполигон полигона  $X$  (если  $\{\theta\}$  –  $\rho$ -класс, то  $Y = \emptyset$ ). Для  $Y \in \text{Sub } X$  положим  $L(Y) = \{\sigma \in \text{Con}_S X^0 \mid Y - \sigma\text{-класс}\}$ . Нетрудно проверить, что  $\tilde{L}(Y) = \{\sigma \cap (X \times X) \mid \sigma \in L(Y)\}$  – подрешётка решётки  $\text{Con}_S X$  и  $\tilde{L}(Y) \cong L(Y)$ . Кроме того, ясно, что  $L(Y) \cap L(Y') = \emptyset$  при  $Y \neq Y'$ . Вышеприведённые рассуждения показывают также, что

$$\text{Con}_S X^0 = \bigcup_{Y \in \text{Sub } X} L(Y).$$

Теорема доказана.

Алгебрам  $A$ , у которых решётка конгруэнций  $\text{Con } A$  является дистрибутивной или модулярной, посвящено значительное число работ разных авторов. В работе [2] были анонсированы некоторые результаты о полигонах  $X$ , у которых решётка  $\text{Con}_S X$  удовлетворяет хотя бы одному нетривиальному решёточному тождеству. Авторы полагают, что доказанная в данной работе теорема поможет доказать следующую гипотезу.

**Гипотеза.** *Решётка  $\text{Con}_{S^0} X^0$  удовлетворяет некоторому нетривиальному тождеству в том и только том случае, если решётка  $\text{Con}_S X$  удовлетворяет этому тождеству.*

### Литература

1. Kilp M., Knauer U., Mikhalev A. V. Monoids, acts and categories. N.-Y.–Berlin, W. de Gruyter, 2000.
2. Кожухов И. Б., Пряничников А. М. Полигоны с тождествами в решётке конгруэнций / Материалы международной конференция «Алгебра и теория алгоритмов»: тезисы докладов. Международная конференция (Иваново, 21-24 марта 2018 г.) – Иваново, 2018, с. 120-121.

УДК 004.04

## ОБНАРУЖЕНИЕ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

**Юрьев Н. Н., Васяева Т. А.**

Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления  
E-mail: [kolyayurev@mail.ru](mailto:kolyayurev@mail.ru), [vasyaeva@gmail.com](mailto:vasyaeva@gmail.com)

**Аннотация:**

**Юрьев Н. Н., Васяева Т. А. Обнаружение угроз безопасности в системе контроля и управления доступом.** Рассмотрены и детально описаны виды уязвимостей и угроз, возникающих в процессе жизнедеятельности предприятия. Определены этапы решения поставленной задачи. Предложен метод для решения задачи.

**Annotation:**

**Yurev N. N. Vasyaeva T. A. Detection of security threats in the access control system.** The types of vulnerabilities and threats arising in the course of activity of the enterprise are considered and described in detail. The stages of solving the problem are determined. A method for solving the problem is proposed.

### **Актуальность обнаружения угроз в системах контроля и управления доступом (СКУД)**

Анализ применения систем контроля и управления доступом (КУД) для обеспечения безопасности современных предприятий позволяет сделать следующий вывод о том, что данные системы обладают большим количеством недостатков и критических уязвимостей, угрожающих безопасности предприятия.

Под нарушением безопасности подразумевается как несанкционированное проникновение на территорию охраняемого объекта, так и несанкционированный доступ к корпоративной сети объекта, что, в свою очередь, приводит к утечке персональной информации, коммерческой тайны, расхищению материальных ценностей, диверсиям на территории объекта, а также непосредственно к угрозе жизни и здоровью людей. Поэтому для достижения максимального уровня защиты системы необходимо обратить пристальное внимание на каждую потенциальную уязвимость.

Уязвимости можно разделить на следующие группы [1]:

- физические уязвимости аппаратуры;
- уязвимости сети СКУД;
- поведенческие уязвимости.

К основным физическим относятся:

- уязвимость в системе энергоснабжения СКУД;
- физическая доступность считывателей/контроллеров-считывателей;
- неправильная установка турникетов и их считывателей, в случае, когда возможно беспрепятственно пройти через проходную, минуя турникет, либо близость входного и выходного считывателей;
- отказ оборудования на линии связи;

Уязвимости сети СКУД:

- «прослушка» незащищенной сети RS 485, возникает вследствие монтирования сети передачи в легкодоступных местах, например, наружная стена здания, что дает возможность нарушителю получить доступ к удаленному управлению контроллерами;
- взлом сети по порту 3050/tcp – одна из самых серьезных уязвимостей, позволяющая злоумышленнику заполучить доступ к базе данных и к панели администратора СКУД.

Поведенческие уязвимости:

- попытки доступа в неполюженном месте;
- «anti-pass-back» ловушка, возникающая в случае наличия в СКУД одноименной системы, исключающей повторное вхождение по карте без предварительного выхода;
- подозрительное поведение карты, т. е. маршрут карты критически отклоняется от обычного поведения.

**Цель работы** – повышение надежности системы контроля и управления доступом на предприятии за счет разработки подсистемы обнаружения угроз безопасности.

**Угроза безопасности** – это совокупность условий и факторов, создающих опасность жизненно важным интересам личности, общества и государства. Основные угрозы:

- угрозы жизни, здоровью, личным правам и свободам человека;
- угрозы материальным и культурным ценностям, физическим носителям информации;
- угрозы экономической деятельности;
- угрозы чрезвычайных ситуаций;
- угрозы отказа оборудования.

Применительно к системе под угрозой безопасности понимается нанесение вреда предприятию и его работникам вследствие взлома, проникновения или чрезвычайных ситуаций, которые возникают вследствие физических и поведенческих уязвимостей.

В качестве объекта исследования выбрана разработанная ранее структура СКУД [2], которая представлена на рис. 1.

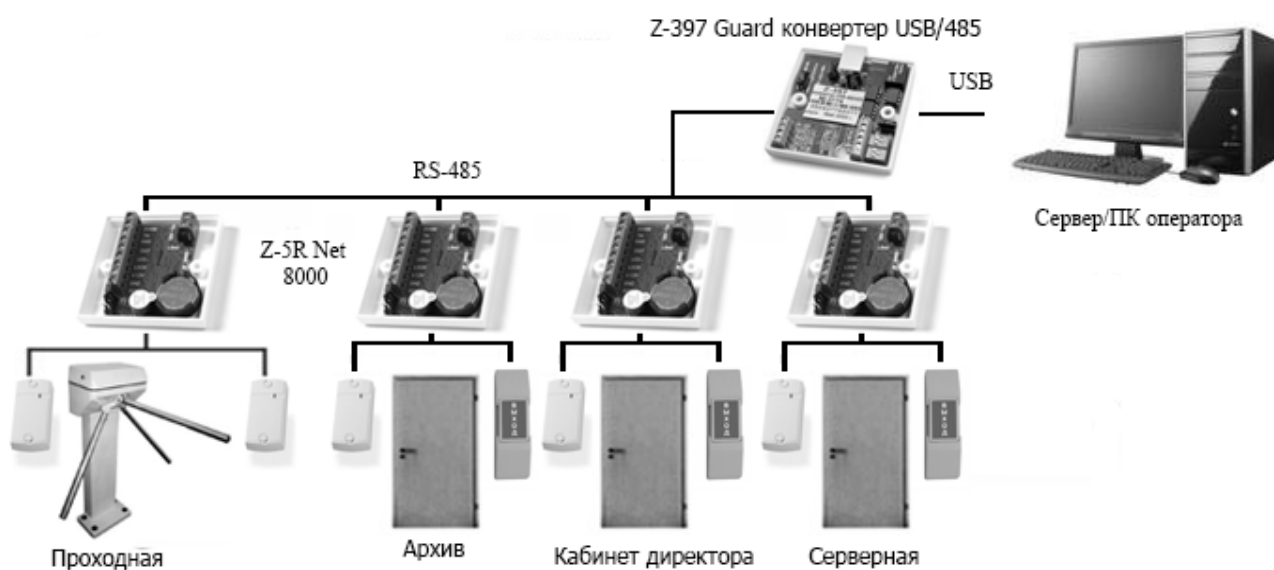


Рисунок 1 – Структурная схема СКУД

Решение задач обнаружения угроз разделяется на несколько этапов:

1. На первом этапе собирают и оптимизируют данные: сбор данных системой КУД, их фильтрация и агрегирование.

На этапе сбора данных СКУД регистрирует все события, поступающие от контроллеров системы, и инциденты от датчиков контроля. Полученные наборы данных не поддаются анализу без предварительной их обработки, поэтому они поступают на этап фильтрации, где излишние и некорректные данные отсеиваются. Данные, полученные от СКУД и прошедшие этапы фильтрации, поступают на этап агрегирования и принимают формат критериев (табл. 1).

Таблица 1 – Входные данные системы обнаружения угроз

Критерий	Описание
$X_1=\{0 1 X\}$	Признак рабочего времени
$X_2=\{0 1 X\}$	Первое посещение объекта
$X_3=\{0:n X\}$	Уровень доступа карты
$X_4=\{0:n X\}$	Уровень доступа объекта
$X_5=\{0 1 X\}$	Попытка доступа к запрещенному объекту
$X_6=\{0:n X;Obj;L\}$	Количество попыток доступа; объект; уровень доступа объекта
$X_7=\{0 1 X;Obj;L\}$	Признак отказа оборудования; объект; уровень доступа объекта
$X_8=\{0:n X\}$	Множественный вход в разные объекты без выхода
$X_9=\{0 1 X;Obj;L\}$	Отключение электропитания; объект; уровень доступа объекта
$X_{10}=\{0 1 X;Obj;L\}$	Открытие двери, без события прохода; объект; уровень доступа объекта
$X_{11}=\{0 1 X;Obj;L\}$	Не запертая дверь; объект; уровень доступа объекта
$X_{12}=\{0 1 X\}$	Доступ внутри охраняемого объекта, без прохода на территорию предприятия

*Примечания:* 0 – критерий не установлен; 1 – критерий установлен;  $X$  – критерий не определен;  $0:n$  – целочисленное значение;  $Obj$  – объект, под ним понимается охраняемое помещение либо всё здание охраняемого объекта в целом;  $L$  – уровень доступа объекта.

2. На втором этапе выбирают методы для решения задачи.

На выходе подсистемы обнаружения угроз, ожидается определить класс угрозы, а также в качестве необязательных параметров источник угрозы и сектор, в котором выявлена угроза. Примерный формат выходных данных:

$$Y = \left\{ \left[ I_x(\text{Источник угрозы}), [S_x(\text{Сектор}),] \right] \left\{ Y_0(\text{Нет угрозы}) | Y_1(\text{незначительная угроза}) | Y_2(\text{критическая угроза}) | Y_n \right\} \right\} \quad (1)$$

Таким образом, поставлена задача обнаружения угроз, которая будет решаться методами машинного обучения (МО). Процесс МО требует достаточного количества данных, соответствующих как нормальному режиму работы системы, так и аномальным ситуациям. Поэтому МО осуществляется на смоделированных наборах данных с участием эксперта.

Предлагается реализовать механизм обнаружения угрозы с применением метода случайных лесов. Математическая модель представляет собой ансамбль бинарных деревьев решений, построенных на обучающей бутстреп выборке по усеченному набору параметров.

Метод построения бутстреп выборки заключается в следующем. Пусть имеется выборка  $X$  размера  $N$ . Равномерно из выборки берется  $M$  объектов с возвращением. Это означает, что из всех исходных  $N$  объектов выборки  $M$  раз выбирается произвольный объект (считается, что каждый объект выбирается с одинаковой вероятностью  $1/N$ ). В результате выборки среди объектов могут оказаться повторы. Новая выборка обозначается  $X_1$ . Повторяя процедуру  $H$  раз, сгенерируется  $H$  подвыборок  $X_1, \dots, X_H$ . Усеченный набор параметров может быть получен так: из набора  $K$  исходных критериев размерностью  $N$  выбирается  $P$  критериев. Повторяя процедуру  $H$  раз, сгенерируется  $H$  поднаборов  $K_1, \dots, K_H$ .

На основании полученных выборок и поднаборов критериев строится ансамбль из  $H$  бинарных неусеченных деревьев решений. В результате анализа всех построенных деревьев решений методом голосования определяется потенциальная угроза. Метод голосования заключается в том, что в качестве окончательного решения принимается значение,

чаще всего встречающееся в ансамбле деревьев. Алгоритм работы математической модели представлен на рис. 2.

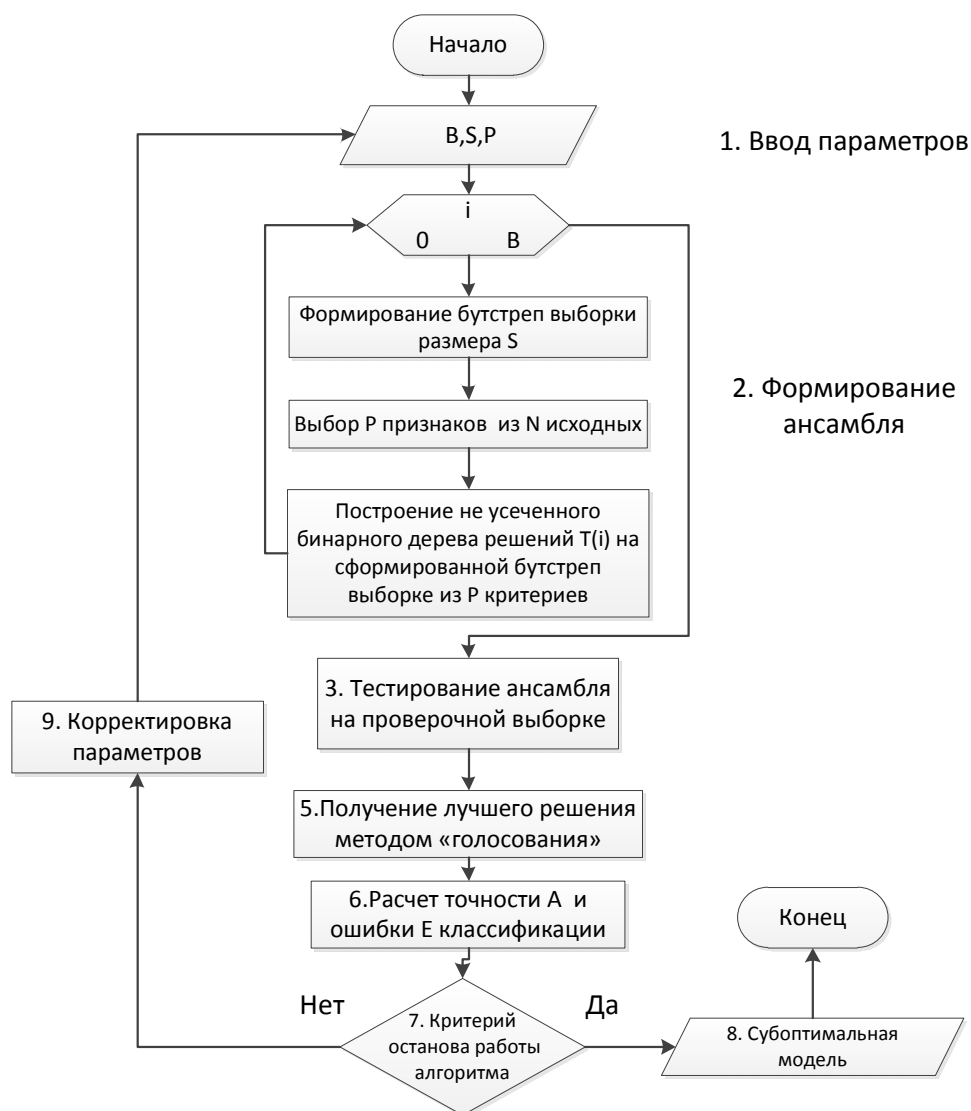


Рисунок 2 – Алгоритм предложенного метода

3. Этап тестирования полученной на втором этапе модели (проверка пригодности модели).

### Выводы

Рассмотрена актуальная задача обнаружения угроз системы контроля и управления доступом. Описан метод случайных лесов для решения задачи. В дальнейшем планируется реализовать рассмотренный математический аппарат и провести эксперименты.

### Литература

1. Безопасность средств безопасности: СКУД // [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://habrahabr.ru/post/277279/>
2. Юрьев Н. Н. Система контроля и управления доступом / Н. Н. Юрьев, Т. А. Васяева, С. Д. Бельков, Н. С. Суббота // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование. – 2017. – № 7. – С. 601-604.





УДК 621.75, 658.5

## ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В МОДЕЛИРОВАНИИ И ДИАГНОСТИКЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МЕХАНООБРАБОТКИ

Секирин А. И., Калинин А. В., Бабич К. К.

Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления

E-mail: [alx09@list.ru](mailto:alx09@list.ru), [Andrey.kalinin.kip@gmail.com](mailto:Andrey.kalinin.kip@gmail.com), [bkristyaa@gmail.com](mailto:bkristyaa@gmail.com)

### *Аннотация:*

*Секирин А. И., Калинин А. В., Бабич К. К. Объектно-ориентированный подход в моделировании и диагностике производительности автоматизированных технологических комплексов механообработки. Разработана объектная модель автоматизированного технологического комплекса (АТК) механообработки. Проведены экспериментальные исследования на реальном объекте, на основе которых предложены рекомендации по повышению уровня загрузки технологического оборудования АТК.*

### *Annotation:*

*Sekirin A., Kalinin A., Babich K. Object-oriented approach in modeling and diagnostics of productivity of automated technological complexes of machining. The object model of the automated technological complex (ATC) of machining is developed. Experimental researches are carried out on a real object, on the basis of which recommendations are proposed to increase the level of loading of the technological equipment of the ATC.*

### **Постановка проблемы повышения эффективности работы машиностроительных комплексов**

Машиностроительные технологические комплексы являются сложными производственными структурами с различной степенью автоматизации, в состав которых входит высокотехнологичное оборудование и приспособления: станки с ЧПУ, промышленные роботы, автоматизированный транспорт и склад. Создание таких производств, требует значительных материальных и временных затрат. Поэтому одной из главных задач при эксплуатации автоматизированных технологических комплексов является обеспечение высокой эффективности их работы. Использование математического моделирования является одним из основных инструментов решения указанной задачи.

### **Анализ последних исследований и публикаций по моделированию АТК**

Проведенный сравнительный анализ моделей, применяемых для формализации работы АТК показал, что на сегодня наиболее эффективными являются подходы, основанные на использовании сетей и графов или имитационное моделирование. Однако указанные модели не лишены недостатков, главным из которых является формализация с допущениями с целью упрощения модели, что негативно влияет на оперативность и оптимальность управления, а также на эффективность функционирования АТК в целом. В связи с этим, для преодоления вышеуказанных недостатков предлагается использовать объектно-ориентированный подход для моделирования АТК [1, 2].

### **Состав и функционирование объектно-ориентированной модели АТК**

Исходя из вышесказанного, в структуре АТК выделили четыре основных подсистемы: технологическую, транспортную, складскую и управляющую. Все подсистемы реализованы в объектной модели в виде классов объектов: GPM – ГПМ, SKD – склад, TM – транспорт и SU – система управления. Для обеспечения взаимодействия объектов в модели АТК

разработан дополнительный класс DS (диспетчер событий), который формирует очередь событий. Функционирование объектной модели ATK заключается в следующем (рис. 1).

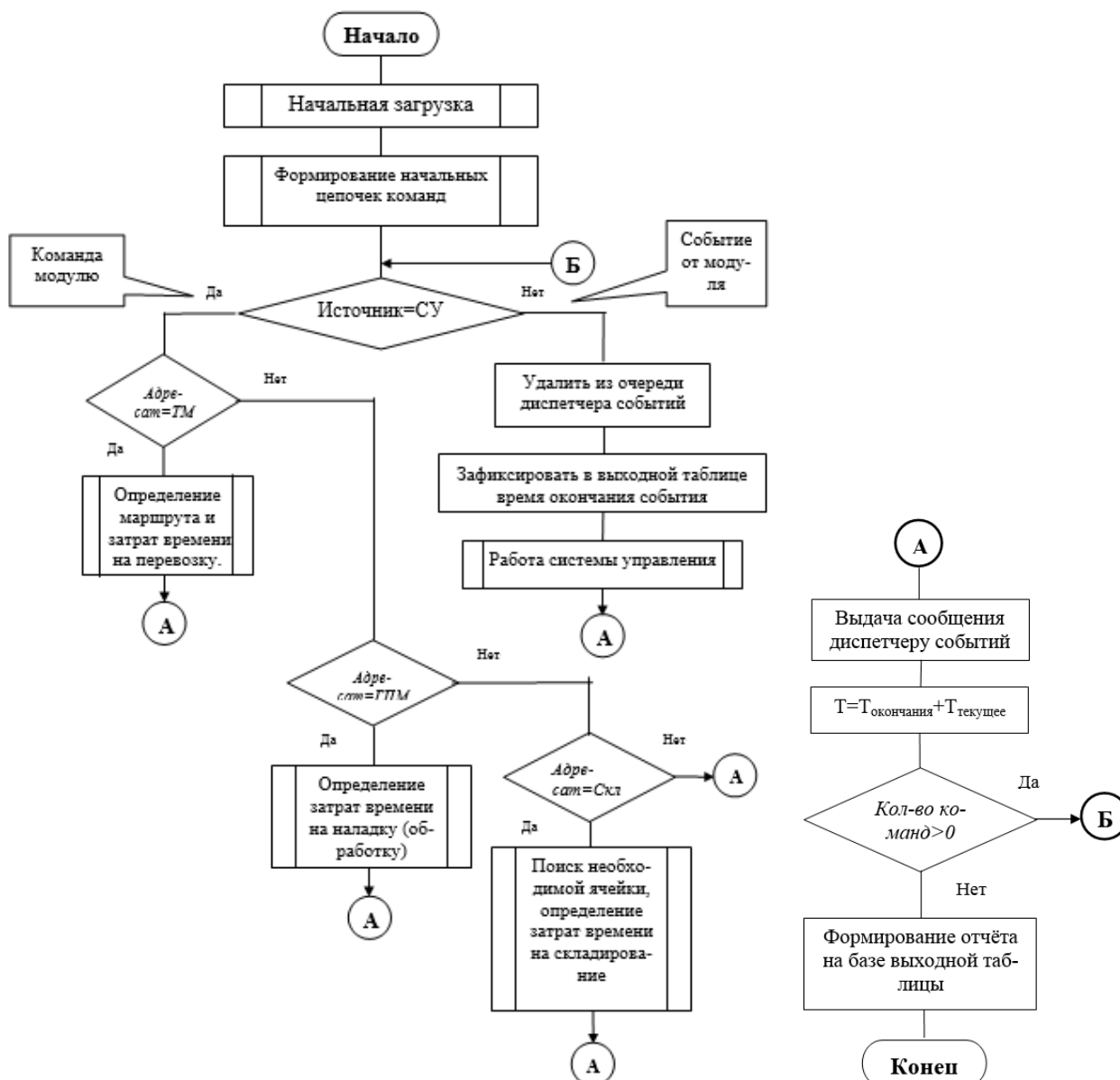


Рисунок 1 – Укрупненный алгоритм работы объектно-ориентированной модели ATK механообработки

После того как произведена начальная загрузка, система управления формирует команды-задания модулям. Диспетчер событий компонует очередь команд, из которой они попадают модулям адресатам. Получив команду, модуль вызывает соответствующую функцию, которая рассчитывает время окончания события, вызванного командой. После чего модуль передает рассчитанное время окончания события в DS, который в свою очередь передает его в систему управления. Реакцией на подтверждение совершения события является следующая команда СУ. Регистрация всех событий и команд происходит в выходной таблице модели ATK, которая является основой для формирования расписания [1, 2, 3].

Программная реализация модели ATK выполнена с помощью объектно-ориентированного языка высокого уровня Delphi 7.0 и обеспечивает моделирование ATK с произвольной компоновочной структурой [3].

### Экспериментальные исследования с использованием объектной модели АТК и анализ полученных научно-практических результатов

Для проведения экспериментальных исследований и апробации разработанной математической модели АТК в качестве объекта выбран автоматизированный технологический комплекс механообработки деталей типа тел вращения, созданный на заводе ОАО «Точмаш» (г. Донецк.). АТК предназначен для обработки шайб, ниппелей замков, муфт, дисков, колец диаметром до 400 мм и длиной до 500 мм (50-60 тыс. шт/год при двухсменной работе) эксплуатируют в среднесерийном производстве. В состав АТК входят: семь ГПМ СМ80Ц2503, транспортный модуль ТРМ-01, автоматизированный склад РСК-1000. При данной компоновке участка все гибкие производственные модули взаимодействуют с автоматизированным складом посредством транспортного модуля. Таким образом, выбранный для исследования автоматизированный технологический комплекс является представительным объектом данного класса, так как включает все основные и вспомогательные компоненты. Целью экспериментов с моделью АТК является выявление «узких мест» исследуемого объекта. Для этого были проведены анализ загрузки ГПМ, классификация простоев по их причинам (табл. 1), а также анализ загрузки и пропускной способности транспортно-складского оборудования (табл. 2).

Таблица 1 – Данные о загрузке и простоях ГПМ, полученные в результате моделирования АТК

	ГПМ 1	ГПМ 2	ГПМ 3	ГПМ 4	ГПМ 5	ГПМ 6	ГПМ 7	Среднее значение
Коэфф. загрузки	0,713	0,73	0,689	0,696	0,69	0,655	0,646	0,692
Удельный вес наладок	0,01	0,006	0,012	0,007	0,007	0,008	0,007	0,038
Удельный вес простоев	0,277	0,264	0,299	0,297	0,303	0,337	0,347	0,270

Таблица 2 – Показатели работы транспортно-складского оборудования, полученные в результате моделирования АТК

№ п/п	Параметр	Транспорт ТРМ-01	Склад РСК-50
1	Коэффициент загрузки	0,99	0,65
2	Интенсивность потока заявок, 1/ч	8,4	9,7
3	Пропускная способность, партий/ч.	6,9	8,9

Поскольку данный АТК построен на основе станков одинакового технологического назначения, анализ загрузки и простоев по ГПМ подтвердил относительную равномерность загрузки и простоев. Потери на переналадку невелики и составляют около 3,8 %. Анализ простоев ГПМ показал, что они составляют около 27 % от общего времени моделирования. Основными причинами простоев являются: отсутствие заготовок (12 %), ожидание обслуживания транспортным модулем (15 %). Это свидетельствует о том, что автоматизированный транспорт не успевает выполнять поступающие от ГПМ заявки на перемещение деталей. Таким образом, основными резервами повышения загрузки ГПМ и производительности АТК в целом является сокращение простоев технологического оборудования по первым двум вышеназванным причинам.

Анализ транспортно-складской системы показал, что автоматизированный транспорт имеет высокий коэффициент загрузки, близкий к 1, что почти в 2 раза превышает загрузку

склада. Это объясняется тем, что АТК обслуживается одним транспортом, который перемещает заготовки и инструмент в двух направлениях. Показатели интенсивности входных потоков заявок на перемещение и складирование деталей и производительности оборудования указывают, что автоматизированный транспорт, имеет невысокую пропускную способность и высокую интенсивность заявок, которые обслуживаются со значительной задержкой. Анализируя приведенные таблицы загрузки и простоев оборудования и с учетом вышесказанного, можно сделать вывод о том, что «узким местом» исследуемого объекта является автоматизированный транспорт, так как он является самым загруженным элементом системы и вызывает простои связанного с ним технологического оборудования. Проведенный анализ функционирования автоматизированного технологического комплекса позволил установить, что возможны два варианта устранения, выявленного «узкого места»:

1. повышение пропускной способности автоматизированного транспорта;
2. снижение интенсивности потока заявок на обслуживание транспортом.

Для реализации первого варианта необходимо увеличить скорость работы транспортного модуля путем его замены на новый. Эксперименты с моделью показали, что при замене существующего транспорта на модель робокара КТ10-01, скорость транспортного средства увеличилась в 2 раза и его коэффициент загрузки снизился до 0,89. Вместе с тем произошло увеличение загрузки ГПМ до 0,74 и снижение простоев до 0,22. Недостатком этого варианта является то, что замена транспортного средства связана с дополнительными капитальными затратами и вынужденными простоями всего АТК.

Более предпочтительным является второй вариант, который не предусматривает дополнительных капитальных вложений. Снижение интенсивности поступления заявок транспорту можно обеспечить двумя способами: путем увеличения размера транспортных партий или созданием промежуточных накопителей. В результате моделирования на ПЭВМ различных вариантов было установлено, что рациональный размер транспортных партий для данного АТК составляет 50-70 деталей. При этом простои ГПМ по вине транспорта уменьшаться на 20 %. Создание при ГПМ дополнительных накопителей так же уменьшит простои ГПМ в ожидании обслуживания в среднем на 25 % и разгрузит транспорт. Таким образом, за счет указанных изменений средние коэффициенты загрузки оборудования АТК изменятся следующим образом: ГПМ увеличится до 0,77, транспорта уменьшится до 0,82, склада уменьшится до 0,53.

На рис. 2 показана сравнительная диаграмма загрузки технологического и транспортно-складского оборудования, которая подтверждает эффективность предложенных изменений в организации работы АТК.

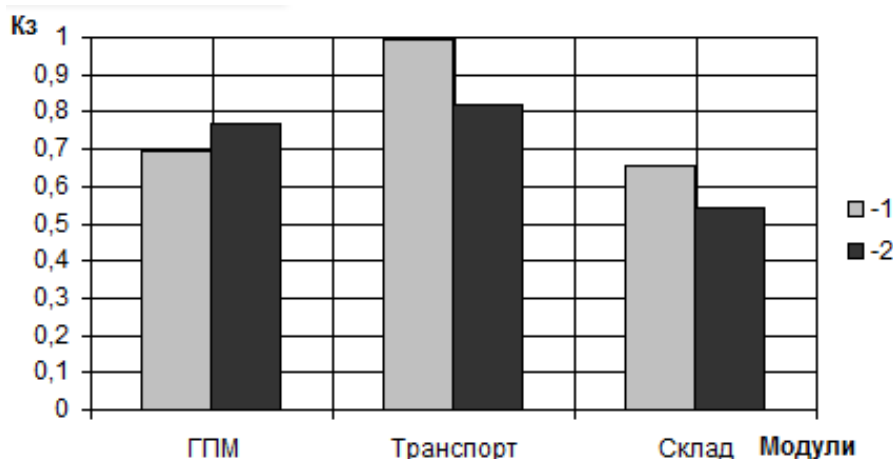


Рисунок 2 – Средние коэффициенты загрузки оборудования АТК до (1) и после (2) устранения «узкого места»



## Выводы

Разработанная объектная модель АТК позволила получить и проанализировать загрузку различных видов оборудования: гибких производственных модулей, автоматизированного транспорта и склада. Разработаны и экспериментально подтверждены рекомендации по улучшению работы транспорта, что обеспечило повышение загрузки технологического оборудования. Проведенные исследования показали целесообразность применения данного подхода в моделировании и диагностике эффективности автоматизированных технологических комплексов.

## Литература

1. Лаздынь С. В., Секирин А. И. Совершенствование методов управления автоматизированными технологическими комплексами механообработки на основе объектно-ориентированного подхода и генетических алгоритмов. // Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия: Вычислительная техника и автоматизация, выпуск 38. – Донецк: ДонГТУ, 2002, стр.169-176.
2. Лаздынь С. В., Секирин А. И. Объектно-ориентированный подход в моделировании автоматизированных технологических комплексов механообработки. // Материалы всеукраинской конференции «Информационные технологии в науке и технике (ITONT-2002)». – Черкассы: ЧГТУ, 2002, стр. 243-246.
3. Секирин А. И. Построение объектно-ориентированной модели автоматизированного технологического комплекса механообработки. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, выпуск 64. – Донецк: ДонНТУ, 2003, стр.223-233.
4. Федотов А. И., Меляев О. Н. Технологическое оборудование АТК. - Ленинград: «Политехника», 1991. - 320 с.
5. Лаздынь С. В., Секирин А. И. Повышение эффективности работы автоматизированных технологических комплексов механообработки на основе объектно-ориентированного моделирования // Матеріали II науково-практичної конференції «ДОНБАС-2020: наука і техніка-виробництво», - Донецьк: ДонНТУ. - 2004. - С 6.25.
6. Пуховский Е. С. Гибкие производственные системы машиностроительного производства. - Киев, 1991. - 225 с.
7. Соломенцев Ю. М., Копыленко Ю. В. Основы автоматизации машиностроительного производства. – М.: Высшая школа, 1999. - 311 с.
8. Секирин А. И. Использование генетических алгоритмов для оптимизации работы автоматизированных технологических комплексов механообработки // Зб. наук. пр. ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, выпуск 48. –Донецьк: ДонНТУ. - 2002. - С. 151-159.
9. Лаздынь С. В., Секирин А. И. Повышение эффективности работы автоматизированных технологических комплексов механообработки на основе объектно-ориентированного моделирования // Матеріали II науково-практичної конференції «ДОНБАС-2020: наука і техніка-виробництво», - Донецьк: ДонНТУ. - 2004. - С 6.25.
10. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++, 2-е изд./Пер с англ. – М.: «Издательство Бином», СПб.: «Невский диалект», 1999. – 560 с.
11. Гавриш А. П., Ефремов А. И. Автоматизация технологической подготовки машиностроительного производства. - Киев: «Техника», 1982. - 215 с.
12. Kalkunte M. V., Sarin S. C., Wilhelm W. E. Flexible Manufacturing Systems: A Review of Modelling Approaches for Design, Justification and Operation. In: FMS: Methods and Studies, North-Holland. - 1986.- P. 3 - 28.



УДК 004.45

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Шаповалова А. В., Боднар А. В.**

Донецкий национальный технический университет

кафедра экономической кибернетики

E-mail: [shapovalovanasya@mail.ru](mailto:shapovalovanasya@mail.ru)

### **Аннотация:**

*Шаповалова А. В., Боднар А. В. Особенности проектирования логистических информационных систем. Наиболее типичные проблемы логистики – отсутствие рационального управления цепочками поставок, неразвита транспортная сеть, отсутствие сети терминально-логистических комплексов, недостаточный уровень технического обеспечения, отсутствие знаний в области повышения эффективности управления логистическими процессами. Роль информационной системы уже не сводится просто к подготовке товарно-транспортных документов и складскому учету. Информационная логистическая система должна отслеживать уровень обслуживания в каждом элементе логистической цепи.*

### **Annotation:**

*Shapovalova A. V., Bodnar A. V. Design features of logistics information systems. The most typical problems of logistics are the lack of rational management of supply chain, undeveloped transport network, lack of network of terminal and logistics complexes, insufficient level of technical support, lack of knowledge in the field of improving the efficiency of logistics process management. The role of the information system is no longer limited to the preparation of shipping documents and warehouse records. The logistics information system should monitor the level of service in each element of the supply chain.*

### **Общая постановка проблемы**

В разрозненности элементов функционирования логистической системы, неэффективном использовании технологических ресурсов и отсутствии причинно-следственных связей в логистической информационной системе.

### **Исследования**

В условиях развития региона с особым статусом всё большее значение в деятельности по управлению приобретает информационная система. Современная информационная система объединяет все подразделения компании, тем самым обеспечивает движение и синхронизацию информационных, материальных и финансовых потоков. Важно отметить, что информационные связи выходят за рамки компании, тем самым создают единое информационное пространство логистической системы.

Логистическая информационная система – это совокупность математических методов, технических средств и организационных комплексов, обеспечивающих поиск, обработку, хранение и передачу информации о логистических потоках, служащих, главным образом, для принятия управленческих решений.

Проблемы повышения качества функционирования логистической информационной системы заключаются в разрозненности элементов функционирования логистической системы, неэффективном использовании технологических ресурсов и отсутствии причинно-следственных связей в логистической информационной системе, что делает её малоэффективной, затрудняет принятие решений, направленных на повышение качества бизнес-процессов.



Реализация системного подхода в логистике требует рассмотрения объекта и субъекта управления как совокупности элементов (звеньев), между которыми установлены определенные функциональные связи и отношения. Информационным звеном в логистической информационной системе считается некоторый экономический или функционально обособленный объект, выполняющий локальную цель, связанную с определенными информационными операциями. Звеном логистической информационной системы может быть автоматизированное рабочее место управленческого персонала, информационное подразделение системы управления организацией или обособленная группа управленческих работников, объединенных общностью выполняемых определенных функций, процедур, операций. Информационные функции, процедуры и операции формируются исходя из общепринятых понятий декомпозиции исходного множества на составные части. В отличие от других видов функций, процедур и операций информационные аналоги характеризуются совокупностью действий, связанных с информационными потоками – организацией информационных массивов и потоков, координацией движения ИП, сбором, обработкой, хранением и передачей информации.

Задачи информационной логистики:

- организация и структуризация потоков данных, сопровождающих материальный поток;
- доставка их в требуемое место, в требуемое время и в требуемом объеме;
- накопление структурированных данных – формирование информационного поля для проведения полномасштабного анализа;
- проведение анализа и принятие решений (расчеты, визуализация анализа и результатов, экспертные рекомендации);
- доведение решений до исполнителей и контроль исполнителей.

Логистическая информационная система отличается от любой другой информационной системы функциональной наполненностью и уровнем интеграции информационного пространства.

Главная особенность логистической информационной системы – это интеграция в едином информационном пространстве трех основных составляющих потока товародвижения: поставки, производства и распределения. Поскольку информационная система, по определению, охватывает комплекс программно-аппаратных средств, регламентов их функционирования, а также персонал, их реализующий, то логистическая информационная система – это целостный комплекс программно-технических средств, процедур и персонала, объединенных информационным потоком, обеспечивающим все стадии жизненного цикла изделия (продукции).

Информационная логистика обеспечивает две стороны общего логистического процесса: оптимизацию и интеграцию каждого основного и его обслуживающих потоков по горизонтали, синхронизацию и интеграцию процессов управления по вертикали.

Горизонтальная интеграция материального и информационного потока обслуживания в логистической подсистеме дает возможность связать воедино информацию и обеспечить ею материальный поток в логистической цепи поступления товара и сырья, предварительной их обработки, монтажа, проверки и сбыта. Горизонтальная интеграция, кроме всего прочего, позволяет органично связать материальные и товарные потоки с общей системой планирования и управления на уровне организации. Наличие подобной связи в идеальном случае дает возможность добиться того, чтобы ни одно соответствующее решение о производственном процессе не могло быть принято и реализовано без соотнесения его с общей стратегией и целями организации.

Логистическая информационная система может быстро влиять на производственные процессы с целью:

- а) обеспечения выпуска на рынок продукции, необходимой в настоящий момент;

- б) реализации в кратчайшие сроки целевых заказов потребителей;
- в) стабильного поддержания высокого качества.

В основании функциональной пирамиды логистической информационной системы, представленной на рис. 1, располагается автоматизированное рабочее место менеджера, реализуется система операций между звеньями логистической системы, определяющая взаимоотношения между функциональными подразделениями фирмы (в плане реализации логистических функций), логистическими посредниками и потребителями продукции фирмы. Система логистических функций и операций включает в себя такие основные функции и операции, как закупка, складирование, сбыт продукции; сюда также входит логистический цикл фирмы.

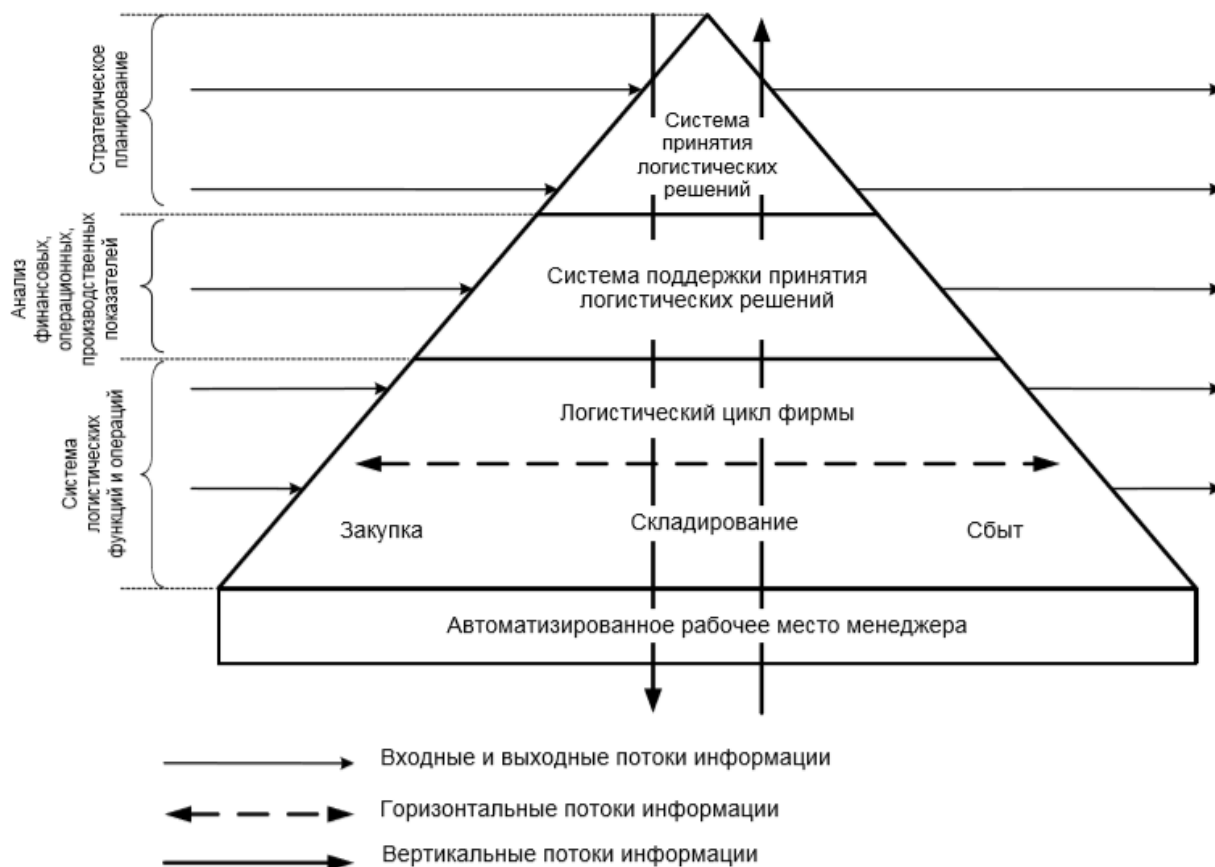


Рисунок 1 – Функциональная пирамида логистической информационной системы

Система поддержки принятия логистических решений представляет собой интерактивную компьютерную информационную систему, включающую базы данных и аналитические модели, реализующие, как правило, оптимизационные задачи, возникающие в процессе логистического менеджмента. Система формирует, обновляет и поддерживает различно структурированные, централизованные и распределенные базы данных для четырех основных типов файлов:

- базисных файлов, содержащих внешнюю и внутреннюю информацию, необходимую для принятия логистических решений;
- критических факторов, определяющих главные действия, цели и ограничения при принятии решений;
- политики/параметров, содержащих основные логистические операционные процедуры для ключевых областей;
- файлов решений, хранящих информацию о предыдущих (периодических) решениях для различных логистических функций.

На верхнем стратегическом уровне определяются стратегия менеджмента, связанная со стратегическим корпоративным планированием и миссией фирмы, принимаются ответственные решения. Характеристики системных уровней функциональной структуры логистической информационной системы связаны с достижением определенных стратегических и тактических целей фирмы и конкурентных преимуществ. Взаимодействие всех уровней осуществляется через вертикальные и горизонтальные потоки информации.

Таким образом, разнообразные информационные потоки являются теми связями, которые объединяют в единое целое различные функциональные подсистемы. В каждой из этих функциональных подсистем реализуются материальные потоки, соответствующие целям, обеспечиваемым этими подсистемами. Информационные потоки объединяют эти подсистемы в единое целое, так что отдельные цели каждой подсистемы подчиняются общей цели всего предприятия.

Горизонтальная информационная интеграция позволяет обеспечить взаимосвязанной информацией все материальные потоки, начиная от поступления сырья, материалов и комплектующих, до готовых изделий, поступающих к потребителям. Так, все управляющие воздействия в функциональных подсистемах и вызванные ими последствия увязываются с общими целями и общей стратегией всей логистической системы предприятия. Вертикальная информационная интеграция может охватить все уровни иерархии производственной сбытовой системы прямыми (направленными сверху вниз) и обратными (направленными снизу вверх) связями. В результате оказывается возможным оперативно получать достоверную информацию о ходе поставок сырья, производства, сборки, испытаний и доставки продукции потребителям. Наличие такой информационной системы с вертикальными связями позволяет правильно оценивать, своевременно вносить необходимые коррективы и тем самым влиять на процессы закупки, производства, сборки, испытаний, складирования и экспедирования. Подобное оперативное управление позволит правильно учитывать результаты маркетинговых исследований при определении номенклатуры и объема выпускаемой продукции, организовать удовлетворение конкретных заказов, а также обеспечить поддержание требуемого уровня качества.

### **Выводы**

В данной работе рассмотрена функциональная пирамида логистической информационной системы. В результате выяснено, что разнообразные информационные потоки являются теми связями, которые объединяют в единое целое различные функциональные подсистемы. В каждой из этих функциональных подсистем реализуются материальные потоки, соответствующие целям, обеспечиваемым этими подсистемами. Информационные потоки объединяют эти подсистемы в единое целое, так что отдельные цели каждой подсистемы подчиняются общей цели всего предприятия.

### **Литература**

1. Аникина Б. А. Логистика: учеб. пособие. - М.: ИНФРА, 2002. - 220 с.
2. Миротин Л. Б., Некрасов А. Г. Эффективность интегрированной логистики [Электронный ресурс] - [http:// www.iteam.ru/ publications/logistics/ section\\_80/ article\\_2676/](http://www.iteam.ru/publications/logistics/section_80/article_2676/)
3. Иванов М. Ю., Иванова М. Б. Логистика: учеб. пособие. - М.: РИОР, 2006. - 97 с.
4. [www.Alogistica.Ru](http://www.Alogistica.Ru).
5. Концепции логистики (название с экрана) [Электронный ресурс] - <http://www.adviss.ru/content/view/484/32/>



УДК 004.413

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ УЧЕБНОЙ ПЛАТЕЖНОЙ СИСТЕМЫ В ОРГАНИЗАЦИИ ВНЕУЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

Демина М. И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»

E-mail: [dyominamariya@mail.ru](mailto:dyominamariya@mail.ru)

### *Аннотация:*

*Демина М. И. Оценка возможностей учебной платежной системы в организации внеучебной деятельности студентов. В данной статье производится анализ студенческих сообществ, выявляющий их потребности, а также поиск решений для организации локальной платежной системы. Целью исследования является разработка платежной системы на основе концепций облачных технологий.*

### *Annotation:*

*Demina M. I. Assessment of the possibilities of the educational payment system in the organization of extracurricular activities of students. In this article the analysis of student's communities revealing their requirements and also finding solutions is made for the organization of local payment service provider. A research objective is development of payment service provider on the basis of concepts of a cloud computing.*

### **Общая постановка проблемы**

В современном мире можно встретить большое количество способов приобретения требуемых товаров и услуг, не прибегая к денежным расчетам. Широко распространена практика создания специальных систем или площадок для подобного обмена. Данные системы в большинстве случаев созданы для того, чтобы уменьшить расходы участников этой системы на удовлетворение своих потребностей. В рамках данной работы проведены исследования студенческих сообществ, проживающих на территории университетского кампуса. Иногородние студенты наиболее остро чувствуют потребность в бытовых благах, которые можно удовлетворить путем взаимного обмена.

Предлагается создать систему на основе концепции облачных вычислений. В основу предполагаемой системы войдет процесс взаимного обмена, будет создан каталог предложения и спроса услуг. Подобные системы хорошо зарекомендовали себя в различных локальных сообществах и существуют по всему миру в различных формах – банков времени, локальных систем торгового обмена, клиринговых центров и др. Организация подобной системы в студенческом коллективе поставит каждого ее участника в положение как поставщика, так и потребителя, что обеспечит формирование локальной экономики.

В данной статье проведено исследование потребностей студентов, на основе которого создается актуальный каталог спроса и предложения услуг.

### **Исследование**

С целью выявления потребностей было проведено маркетинговое исследование посредством анкетирования. Анкета содержала вопросы закрытого типа, позволяющие облегчить ввод и анализ полученных данных. Вопросы открытого типа использовались для того, чтобы узнать личное мнение студента. Выборка респондентов была осуществлена на основе требований соответствующих методов математической статистики.

Информация от студентов собиралась методом опроса, путем самостоятельного заполнения анкет (рис. 1) респондентами.





1. Укажите Ваш возраст

2. Укажите Ваш пол

3. Укажите направление подготовки

4. Пользуетесь ли Вы услугами студентов, проживающих в общежитие

Да  
 Нет

5. Выберите 3 наиболее часто используемые услуги |

1)

2)

3)

6. Считаете ли Вы необходимым создание системы взаимных расчетов внутри общежития

Да  
 Нет

7. Считаете ли Вы эффективным создание такой системы

Да  
 Нет

8. Использовали бы Вы данную систему расчетов

Да  
 Нет

9. Могли бы вы оказать какие-либо услуги

Да  
 Нет

Если да, то какие

10. Каких услуг, по вашему мнению, не хватает в общежитии

Рисунок 1 – Шаблон анкеты для опроса студентов

В результате обработки анкет оказалось, что средний возраст респондентов составляет 20 лет. Каждый из опрошенных пользовался услугами, оказываемыми студентами, но предоставить их другим могут лишь 40 % респондентов. Большинство участников опроса поддержали участие в предложенной системе, но 10 % респондентов сомневаются в ее эффективности. Были выявлены услуги, пользующиеся наибольшим спросом: печать документов, маникюр, парикмахерские услуги, помощь в учебе.



В табл. 1 представлена информация, полученная путем личного опроса, о количестве используемых услуг в общежитии в расчете на одного человека. Данные разделены по месяцам, что показывает сезонность спроса конкретной услуги, а также по гендерному признаку, что позволяет произвести более точные расчеты, так как потребности по каждой услуге у мужчин и женщин различны.

Таблица 1 – Количество услуг, используемых одним студентом в месяц

Наименование услуг	Количество используемых услуг (шт.)										
	Месяц	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06
Печать документов	Ж	6	10	20	25	15	5	15	35	37	15
	М	7	10	24	27	18	6	16	37	40	16
Маникюр	Ж	1	2	1	3	2	1	3	3	3	1
	М	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Парикмахерские услуги	Ж	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0
	М	0	1	1	1	0	2	1	1	2	0
Помощь в учебе	Ж	0	1	6	16	7	0	0	5	12	7
	М	1	3	9	18	10	1	1	6	13	9

### Платформа для реализации ИС

В качестве потенциальных инструментов для реализации платформы информационной системы (ИС) рассматривается поставщик: Cyclos. Cyclos разработан «Организацией социальной торговли» STRO (англ. Social Trade Organization). Целью STRO является предоставление открытой платформы для реализации социально значимых экономических проектов. Программное обеспечение Cyclos (GPL / Java / J2SE / Tomcat) предназначено для организации денежно-кредитных отношений на основе сетей. Посредством Cyclos различные сообщества способны создавать собственные локальные экономики, системы учета и контролировать циркуляцию денежных средств или их альтернатив (Time Bank, бартер etc.). Cyclos представляет собой модульное ПО, в основе которой лежит банковская система. Модули E-commerce, Loan administration, Web services, Joomla modules способны облегчить жизнь сообщества с точки зрения проведения транзакций и существующей системы внутреннего учета ценностей.

Cyclos разворачивается на сервере приложений «Tomcat». Программное обеспечение (ПО) написано на языке Java. Интерфейсы пользователя переведены на 10 языков, в том числе и русский. ПО имеет следующие возможности, которые доступны в 5 модулях: обеспечение финансовых транзакций, предоставление данных о профиле клиента (информация о клиенте, изображения), проведение внутренних расчетов (нормальные платежи, платежи с рассрочкой и по расписанию, обеспечение различных уровней авторизации), СМС авторизация, ведение счетов, проведение кредитной политики (микрофинансирование), ведение истории платежей (экспорт/импорт), настройка системы предупреждений и уведомлений.

В результате тщательного анализа соответствия функционала решений от Cyclos и требований к разрабатываемой ИС альтернативных расчетов было решено разрабатывать собственную площадку, которая бы основывалась на принципах облачной архитектуры. Это обусловлено по большей части проблемами прямого и обратного масштабирования.

### Использование концепций облачной архитектуры при проектировании системы

Почти каждый человек уже имеет представления об облачных вычислениях. Концепция облачных вычислений – это не новая технология, а всего лишь способ предоставления информационных ресурсов.

Облачные вычисления – это информационно-технологическая концепция, подразумевающая обеспечение повсеместного и удобного сетевого доступа по требованию к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов, которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами или обращениями к провайдеру. В модели облачных вычислений можно выделить две составные части: внутренняя (back-end) и внешняя (front-end), соединенные по сети. Посредством front-end происходит взаимодействие пользователя с системой, она состоит из клиентского ПК или их сети. Back-end и есть облако, содержащее серверы, приложения и хранилища.

В табл. 2 представлена классификация концепций облачных вычислений.

Таблица 2 – Классификация концепций облачных вычислений.

	Заменяемая парадигма	Характеристики	Преимущества	Недостатки и риски	Лучше не использовать
IaaS	Инфраструктура как актив	Не зависит от платформы. Расходы на инфраструктуру снижаются. Соглашения SLA. Оплата по факту использования. Автоматическое масштабирование.	Снижение капиталовложений в аппаратное обеспечение и трудовые ресурсы; снижение риска потери инвестиций, низкий порог внедрения	Производительность зависит от поставщика решений; потенциально большие долгосрочные расходы	В случае, если капиталовложения превышают текущие расходы
PaaS	Приобретение лицензии	Потребляет инфраструктуру облака; обеспечивает методы динамического управления проектами	Простота развертывания	Централизация приводит к необходимости обеспечения новых мер безопасности	Отсутствует
SaaS	Программное обеспечение как актив	Соглашение SLA. Пользовательский интерфейс. Взаимодействие посредством API. Не сохраняет состояния (stateless); слабосвязанный (loosely coupled)	Снижение капиталовложений в аппаратное обеспечение и трудовые ресурсы; снижение риска потери инвестиций; возможность плавного итеративного обновления	Отсутствует	Отсутствует

При проектировании системы будет использована концепция «ПО как сервис», так как это позволит обеспечить комплексное решение «под ключ» и оградить потенциальных клиентов от дорогостоящей процедуры развертывания и настройки.

В процессе проектирования системы был произведен анализ процессов, поддержания важнейших функций на постоянной основе: авторизация, контроль баланса и транзакций, проведение транзакций, управление информацией по качеству. Подход на основе принципов облачной архитектуры используется для достижения высокой отказоустойчивости и готовности системы. Для этого необходимо виртуализировать объекты инфраструктуры (серверы, сетевые средства, базы данных) и учесть аспекты управления облачными сервисами.

По отношению к пользователям разворачиваем следующие группы средств: комплекс веб-инструментов и серверов ИС; корпоративные информационные сервисы; средства аутентификации.

Мультиотенантность реализуем посредством предоставления одного экземпляра ПО по модели SaaS для всех обслуживаемых клиентов. Данные и конфигурация виртуально

секционируются, чтобы каждая клиентская организация могла работать с виртуальным экземпляром приложения. При объединении ИТ-ресурсов в рамках одной операции мультитенантность позволяет экономить расходы дополнительно к основной экономии на масштабе.

### Выводы

Исследования, проведенные в данной работе, позволили сделать вывод о целесообразности создания платежной системы в рамках учебного процесса для организации внеучебной деятельности студентов, также было определено, что система будет создана под управлением концепции SaaS. Разработка информационной системы будет происходить на базе собственной платформы, учитывающей все возможные требования к архитектуре системы по модульному принципу. Эффектом внедрения такой системы взаимобмена будет формирование сетевой структуры коммуникаций в студенческом сообществе, что повлечет за собой существенное облегчение материального положения студентов.

### Литература

1. Лиетар А. Бернар. Будущее денег / А. Бернар Лиетар. – М.: КРПА Олимп: АСТ: Астрель, 2007. – 494 с.
2. Облачные сервисы: взгляд из России / П. Осокина и др. // Под ред. Е. Гребнева. – М.: Spnews, 2011. – 282 с.
3. Попков В. В. Альтернативные средства расчетов: история и перспективы / В. В. Попков, Д. Б. Берг, Е. А. Порывкин // Вестник Уральского отделения РАН «Наука, общество, человек». – 2008. – No 2. – С. 65–79.
4. Риз Джордж. Облачные вычисления / Джордж Риз. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 288 с.
5. Ульянова Е. А. Балансово-сетевая модель аутопоэтических систем в экономике / Е. А. Ульянова // Известия УрГЭУ. – 2011. – No 5. – С. 105–110.
6. Ульянова Е. А. Многообразие денежных систем: классификация и систематизация / Е. А. Ульянова Е. А., Д. Б Берг // Вестник УрФУ. - 2011 - No 1. – С. 115-122.
7. Демина М. И., Исайчик К. Ф., Коковин А. В. Интегрированный междисциплинарный проект "Учебная платежная система" // Тезисы XXIV-ой конференции «Математика. Компьютер. Образование» г. Пушкино, 23–28 января 2017, URL: <http://www.mce.su/rus/archive/abstracts/mce24/authors/person282010>
8. Чепуров Е. Г., Назарова Ю. Ю., Медведева М. А., Ранюк С. В., Берг Д. Б. Локальная платежная система: разработка и возможности практического применения // Журнал "Научное обозрение", 2016/16, с. 106-113.
9. Демина М. И., Исайчик К. Ф., Ранюк С. В. Оценка величины положительного эффекта от использования локальных платежных систем// Сборник материалов XII международная конференция «Российские регионы в фокусе перемен», 16-18 ноября 2017 г., Екатеринбург.

УДК 336.012.23

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ВАЛЮТЫ ВЫПОЛНЯТЬ ФУНКЦИИ ДЕНЕГ

**Берг Д. Б., Балагура К. А., Заярский И. М.**

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»

E-mail: [Ivan.zayarsky@yandex.ru](mailto:Ivan.zayarsky@yandex.ru)

### **Аннотация:**

**Берг Д. Б., Балагура К. А., Заярский И. М.** Оценка возможности криптографической валюты выполнять функции денег. В данной статье рассмотрены функции криптографической валюты, способность стать заменой «традиционных денег». Оценены преимущества и недостатки криптовалюты.

### **Annotation:**

**Berg D. B., Balagura K. A., Zayarsky I. M.** Evaluation of the possibility of cryptographic currency to function as money. This article describes the functions of cryptographic currency, the ability to become a substitute for "traditional money". Evaluated the advantages and disadvantages of the cryptocurrency.

### **Изложение основного материала**

История криптографической валюты началась с использования криптографии для конфиденциальных платежей в системе DigiCash с 1990 года, эта платежная система была централизованной. Однако, термин «криптовалюта» в то время еще не использовался. Впервые данное понятие появилось в 2009 году после появления платежной системы под названием «Bitcoin», которая была разработана человеком или группой людей под псевдонимом Сатоши Накамото. Операции с биткоином начались после 2011 года, когда появились общедоступные электронные кошельки для его хранения и способы передачи. Позже появились форки: Namecoin, Litecoin, PPCoin, Novacoin и множество других. Криптографическая валюта является принципиально новым инструментом взаиморасчетов. В отличие от фидуциарных денег, воспроизводство криптографических валют не зависит от правительства государства. На курс криптовалюты влияет спрос на неё и сложность «добычи» монет (майнинг).

Криптовалюта, в понимании её создателей и пользователей, – это новый вид денег, который существует параллельно с традиционными деньгами и существенно от них отличается. Во-первых, операции криптовалютами имеют лучшую информационную защиту. Во-вторых, криптовалюта создается и принадлежат частным лицам. Такие деньги полностью отделены от государства и его регулирования. В-третьих, они создаются и обращаются в децентрализованной системе. Сторонники криптовалюты обращают особое внимание на то, что этот новый вид денег обеспечивает людям максимальную свободу, уменьшая финансовый контроль государства.

Центральные банки и другие институты финансового надзора не в состоянии контролировать операции с криптовалютой. Национальные границы не являются препятствием для криптовалюты, они могут использоваться в тех случаях, когда государства вводят ограничения и запреты на международные расчеты.

Со временем, появились идеи о том, что криптовалюта способна заменить «традиционные» деньги. Данные идеи пользуются широкой поддержкой. В данном докладе рассматриваются возможности криптовалюты, на данном этапе её развития, выполнять функции денег.



Новые финансовые криптоинструменты называют «валютой», «деньгами», но это, пока, явное преувеличение. Основная функция любых денег – быть «мерой стоимости», с помощью денег определяются цены на товары, услуги, активы, рабочую силу и т. д. Иногда, даже современные официальные валюты плохо справляются с этой функцией, поскольку курсы валют колеблются. Еще более волятилен курс криптовалют. На специализированных криптобиржах биржах курс этой валюты в один день изменяется в ту или иную сторону на 20 и более процентов. Помимо этого, наряду с наличными (монеты и банкноты) в мире используются уже и виртуальные деньги. При этом в каждой стране мира для выражения цены товаров и услуг используется местная, государственная валюта. Касательно криптовалюты, в масштабах мира и отдельных стран, товаров и услуг, выраженных в данной валюте, практически нет. Следовательно, первая функция денег как меры стоимости не выполняется.

Точно так же сомнительно, выполнение криптовалютой других функции денег. Служить средством обмена или средством платежа-вторая и третья функция денег, соответственно.

Функция обмена предусматривает, что предмет, который в данном сообществе признается деньгами, используется в качестве платы за товары и услуги, то есть происходит реальный обмен денег на товар или услугу. В первоначально сформированном обществе, когда еще не существовало единого «менового» предмета, один товар обменивался на другой или услугу на основе договоренности. Этот уровень экономики назывался натуральным хозяйством и был очень неудобен на практике. С того момента, когда в сообществе выделили определённый предмет и назвали его деньгами, появилось товарное хозяйство, в котором для обмена использовался «посредник» – деньги.

На сегодняшний день криптовалютой нельзя оплатить товар или услугу. Да, существуют банкоматы, меняющий данную валюту на наличные деньги, однако, этот процесс продажи, а не обмена криптовалюты. Многочисленные примеры того, как криптовалюту использует для покупки товаров и услуг, – из разряда рекламы. Большая доля всех платёжных операций с использованием криптовалют подразумевает обмены на другие валюты и только потом транзакцию или платёж.

Что касается функции средства платежа, она предусматривает учёт долгов и обязательств сторон, выраженных в предмете, который назван деньгами в данном сообществе. Сегодня таким предметом являются наличные и виртуальные деньги. Эта функция денег появилась одновременно со схемой двойной записи в бухгалтерском учёте. Причина была экономическая – обеспечение безопасности торговцев при переезде между городами, защита от грабежей. Деньги в то время были металлическими – золотыми, серебряными, медными монетами, объемными и тяжелыми. Торговцы нашли выход – перед отъездом они шли к доверенному человеку и передавали ему мешочек с деньгами, а тот взамен давал торговцу расписку в получении денег.

Данная бумажка одновременно была обязательством и давала право получения предъявителем взамен данной расписки денег в этом же или другом городе у другого доверенного лица. При этой операции возникала проблема, как сделать запись в учетной книге – деньги пришли, а взамен ничего не ушло. Вот тогда и появилась двойная запись – деньги пришли, товар не ушел, но появилось долговое обязательство. На данный момент криптовалюту невозможно использовать как средство учёта обязательств или погасить долги по обязательствам криптовалютой.

Средство накопления богатства – появляется в момент, когда количество предметов, которые выполняют роль денег, становится избыточным для текущих потребностей, тем самым, принуждая владельца накопленных денег искать варианты их вложения в объекты, стоимость которых со временем не уменьшается или объекты, которые со временем могут принести дополнительный доход.

Традиционными объектами вложения денег являются недвижимость, золото, драгоценные камни. В общем, вложение денег в традиционные объекты – это вложения на долгий период времени, и при этом обладающие низкой ликвидностью.

Менее традиционными объектами вложений «излишних» денег являются бизнес и финансовые инструменты. Основные варианты финансовых инструментов: деньги в долг другому лицу; вложение денег в бизнес; передача денег в управление финансовой компании; стать субъектом финансового рынка.

Функция мировых денег связана с необходимостью обеспечения расчетов между странами и между партнерами из разных стран мира. На сегодняшний день в качестве «средства при международных расчетах» используются пять валют – доллар США, евро, фунт стерлингов, швейцарский франк и японская иена.

До тех пор, пока какая-либо из криптографических валют не будет признана, она не может считаться деньгами. Однако в будущем это может измениться, деньгами может быть признана та криптовалюта, которую сегодня разработали и постепенно начинают применять крупные мировые банки для межгосударственных банковских расчетов на основе хеджирования (см рис. 1).

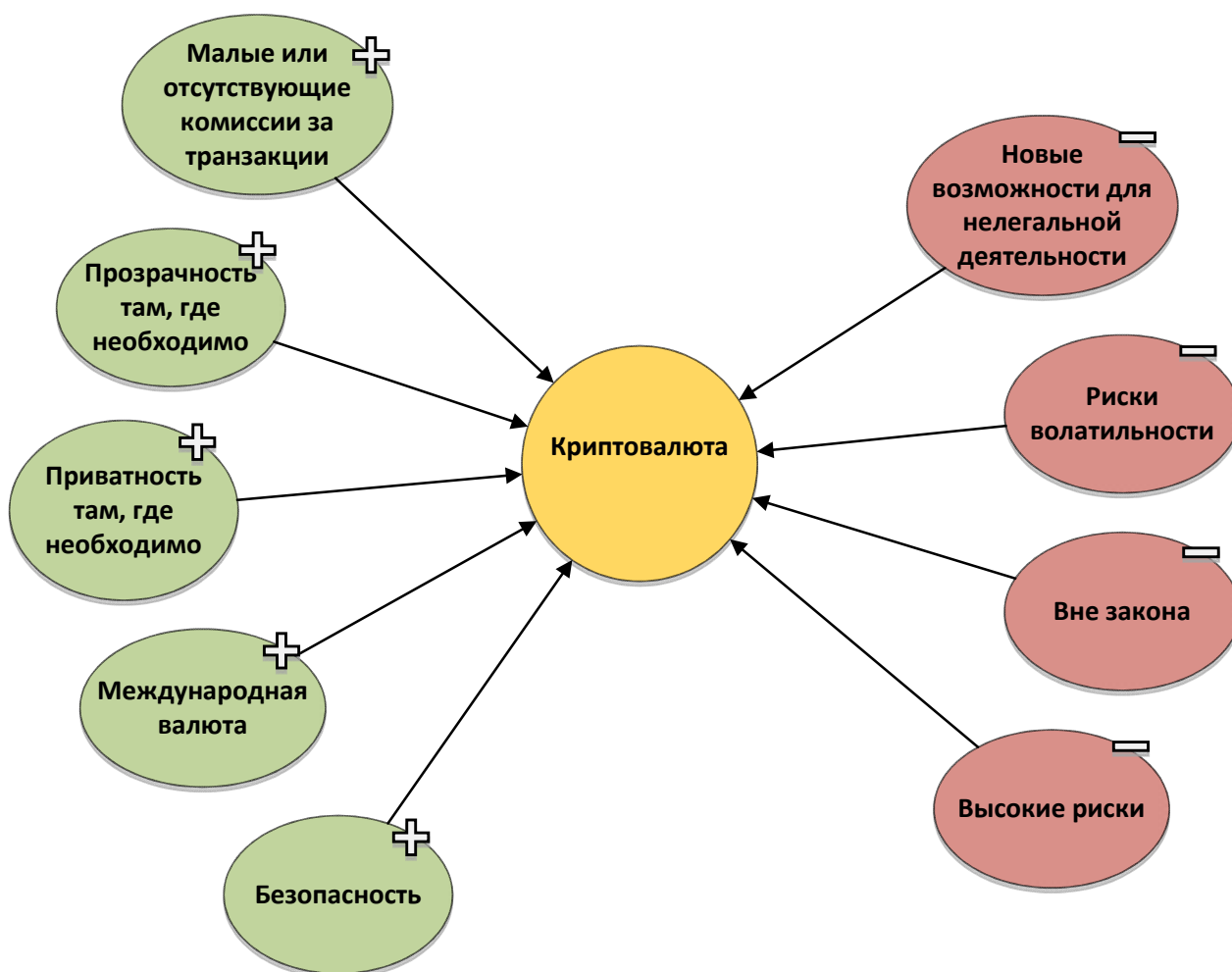


Рисунок 1 – Преимущества и недостатки криптовалют

Криптовалюта сегодня по факту, исходя из экономической сути данного феномена, является одним из многих финансовых инструментов. В итоге имеем криптовалюту не как деньги, средство обращения или обращения, а как товар, который оценивается в деньгах –

евро, долларах США и т. д. То есть функцию накопления богатства криптовалюта не выполняет. Она представляет собой новый вид финансовых инструментов.

### Выводы

Делая вывод, можно с уверенностью сказать, что на данный момент криптовалюта не может полноценно выполнять роль денег, так как ни одна из пяти их классических функций не выполняется. На данном этапе её развития это новый, финансовый инструмент, который постепенно признается мировым финансовым сообществом, его признание происходит путем юридической регистрации виртуальных бирж.

Официальный же правовой статус криптовалют в большинстве стран до сих пор не определен. Есть страны, которые без всяких оговорок запрещают криптовалюты, но среди них нет ведущих экономически развитых стран. В основном, это небольшие государства (Боливия, Эквадор).

Все приведенные доводы в пользу использования криптовалют безусловно внушают оптимизм, однако, у любого нововведения есть и обратная сторона.

Во-первых, криптовалюта потенциально может являться идеальным средством для финансовой поддержки террористов и любого рода «цветных революций».

Во-вторых, криптовалюты могут помочь обойти ограничения некоторых стран на использование «оффшоров».

В принципе, криптовалюта является угрозой монопольному праву центральных финансовых учреждений на эмиссию банкнот и права коммерческих банков на эмиссию депозитных денег.

Вокруг «независимости» криптовалюты может произойти сращивание полукриминальных элементов, организующих азартные игры. Экономика от этого ничего не выиграет, а деньги будут уходить в тень на еще одну «игровую площадку». Также многих критиков, потенциально, «новых денег» смущает тот факт, что названного создателя первой криптовалюты Bitcoin – Сатоши Накамото никто никогда не видел вживую.

### Литература

1. Зайцева Е. А. Почему криптовалюта не деньги и можно ли её отразить в учете. [Электронный ресурс] / Интернет ресурс. - Режим доступа: [www/URL: https://imhoclub.lv/ru/material/pochemu\\_kriptovaljuta\\_ne\\_dengi](https://imhoclub.lv/ru/material/pochemu_kriptovaljuta_ne_dengi)
2. Катасонов В. Ю. Сущность криптовалют: это деньги или инструмент политических акций и азартных игр. [Электронный ресурс] / Интернет ресурс. - Режим доступа: [www/ URL: http://politus.ru/economy/2027-suschnost-kriptovalyut-eto-dengi-ili-instrument-politicheskikh-akciy-i-azartnyh-igr.html](http://politus.ru/economy/2027-suschnost-kriptovalyut-eto-dengi-ili-instrument-politicheskikh-akciy-i-azartnyh-igr.html)

УДК 514.18

## ПОСТРОЕНИЕ КРУГОВОГО ЦИЛИНДРА С ЭВОЛЬВЕНТНОЙ ОСЬЮ МЕТОДОМ ПОДВИЖНОГО СИМПЛЕКСА

Малютина Т. П., Давыденко И. П., Старченко Ж. В.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры  
кафедра специализированных информационных технологий и систем

E-mail: [davydenkoip@mail.ru](mailto:davydenkoip@mail.ru)

### **Аннотация:**

*Малютина Т. П., Давыденко И. П., Старченко Ж. В. Построение кругового цилиндра с эвольвентной осью методом подвижного симплекса. В работе рассматривается точечный алгоритм задания цилиндра с направляющей осью в виде эвольвенты и образующей в виде окружности, на основе МПС (метода подвижного симплекса). Подобная поверхность может быть применена при задании оболочек различных технических форм.*

### **Annotation:**

*Malyutina T. P., Davydenko I. P., Starchenko J. V. Construction of circle cylinder with evol'vent by axis by the method of mobile simplex. The dot algorithm of task of cylinder is in-process examined with a sending axis as evol'venty and formative as an circle, on the basis of MMS (method of mobile simplex). A similar surface can be applied at the task of shells of different technical forms.*

### **Постановка проблемы**

При построении таких криволинейных поверхностей технических форм как оболочек различных гидротехнических сооружений, а именно: каналов, водопроводов сложной формы, горок в аквапарках, в качестве направляющей поверхности принимают эвольвенту окружности, а образующей – окружность. В данной работе поставлена задача – разработать точечный алгоритм задания криволинейной поверхности технической формы, на основе метода подвижного симплекса, с образующей в виде окружности и направляющей в виде эвольвенты. Для этого использованы полученные ранее точечные уравнения окружности и эвольвенты окружности методами БН-исчисления (точечного исчисления Балюбы-Найдыша) на основании графических алгоритмов их построения [4, 6].

### **Анализ последних исследований и публикаций**

Аналитическому описанию различных кривых линий, в точечном исчислении, посвящены работы д.т.н., профессора Балюбы И. Г. [1] и его последователей [2-4], в которых получено множество точечных уравнений кривых линий в БН-исчислении, алгебраические уравнения которых известны из аналитической математики [5]. Но есть кривые линии, которые не имеют единых алгебраических уравнений, и получаются только графическим путем. К таким кривым линиям относится эвольвента окружности, которая в аналитической математике не имеет алгебраического уравнения, а в БН-исчислении уже аналитически определена через графический алгоритм ее построения [6]. На основании полученного алгоритма задания эвольвенты было выполнено построение эллиптического цилиндра с эвольвентной осью методом подвижного симплекса [7].

### **Формулирование целей статьи**

Привести точечные уравнения окружности и эвольвенты окружности, на основании графических алгоритмов построения кривых, методами БН-исчисления и рассмотреть пример построения кругового цилиндра с эвольвентной осью с помощью МПС [4].

### Основной материал

Пусть заданы три точки  $A, B, C$ , образующие произвольно заданный симплекс двумерного пространства  $CAB$  [1]. Представим в плоскости  $CAB$  эвольвенту  $M$  окружности  $T$  радиуса  $|CT| = \rho$  с центром в точке  $C$  (рис. 1).

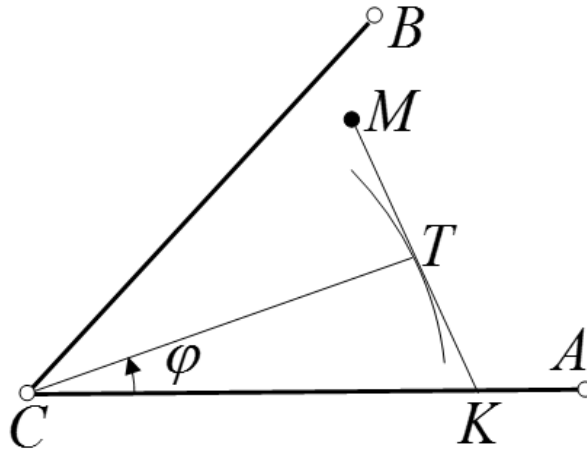


Рисунок 1 – Эвольвента окружности в симплексе двумерного пространства

По определению эвольвенты окружности, согласно графическому алгоритму построения кривой, имеем:

$$TM = \varphi\rho, \quad \angle CTM = \frac{\pi}{2}. \quad (1)$$

Точечные уравнения двух точек, определяющих касательную к окружности, имеют вид:

$$K = (A - C) \frac{\rho}{b \cos \varphi} + C, \quad T = (A - C) \frac{\rho \sin(\gamma - \varphi)}{b \sin \gamma} + (B - C) \frac{\rho \sin \varphi}{a \sin \gamma} + C, \quad (2)$$

$$KT = \rho \operatorname{tg} \varphi, \quad KM = KT + TM = \rho(\varphi + \operatorname{tg} \varphi).$$

Тогда точечное уравнение эвольвенты  $M$  окружности  $T$  имеет вид [6]:

$$M = (T - K)(\varphi \operatorname{ctg} \varphi + 1) + K = \frac{(A - C)\rho}{b \sin \gamma \sin \varphi} [(\varphi \cos \varphi + \sin \varphi) \sin(\gamma - \varphi) - \varphi \sin \gamma] + \frac{(B - C)\rho}{a \sin \gamma} (\varphi \cos \varphi + \sin \varphi) + C, \quad (3)$$

где  $\gamma = \angle BCA$ ,  $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ ,  $\rho$  – радиус окружности.

Ниже приведен пример построения эвольвенты окружности в плоскости общего положения с помощью программного пакета *Maple* (рис. 2).



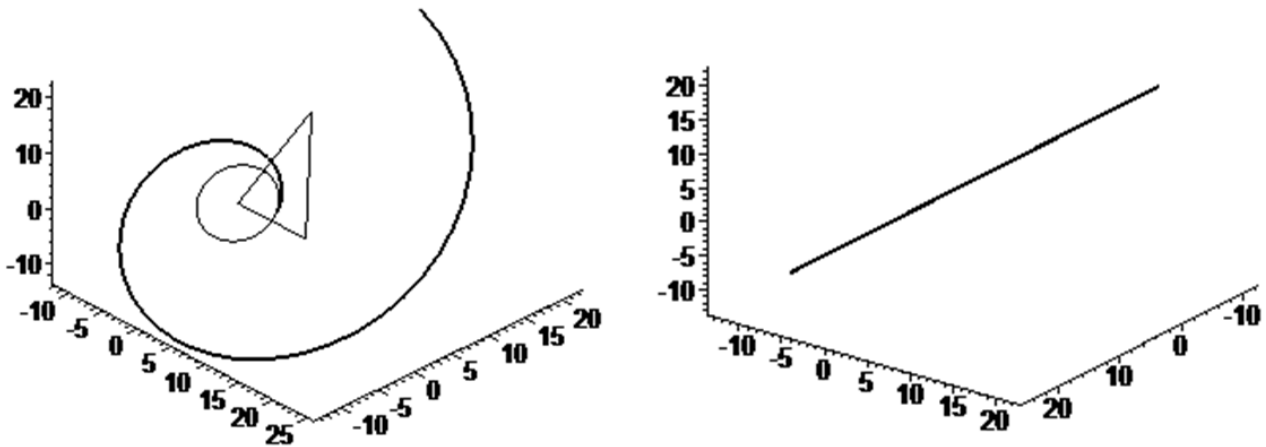


Рисунок 2 – Эвольвента окружности в плоскости общего положения

Определим точечное уравнение окружности. Используя полярную параметризацию плоскости [1], зададим точечное уравнение окружности в симплексе точек  $PQR$  при  $\angle QRP = 90^\circ$  через параметр угла  $\theta$  (рис. 3).

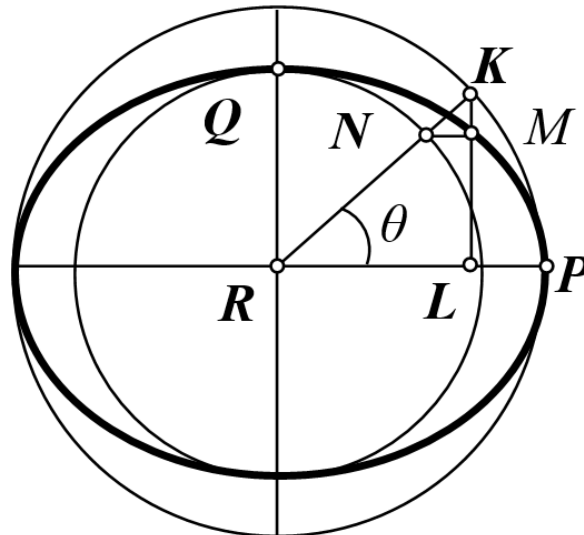


Рисунок 3 – Задание окружности

Пусть радиус окружности  $|RP| = a$  соответствует большой полуоси эллипса, тогда  $|RQ| = b$  соответствует малой полуоси эллипса. Точечное уравнение окружности имеет вид:

$$M = (P - R)\cos\theta + (Q - R)\frac{a}{b}\sin\theta + R, \quad (4)$$

где  $0 \leq \theta \leq 2\pi$ .

Рассмотрим аналитическое описание кругового цилиндра с эвольвентной осью на основе МПС [4].

Пусть плоский подсимплекс  $PQR$  движется в симплексе  $CABD$  по эвольвентам  $P, Q, R$ . Определим круговой цилиндр с эвольвентной осью  $R$  (рис. 4).

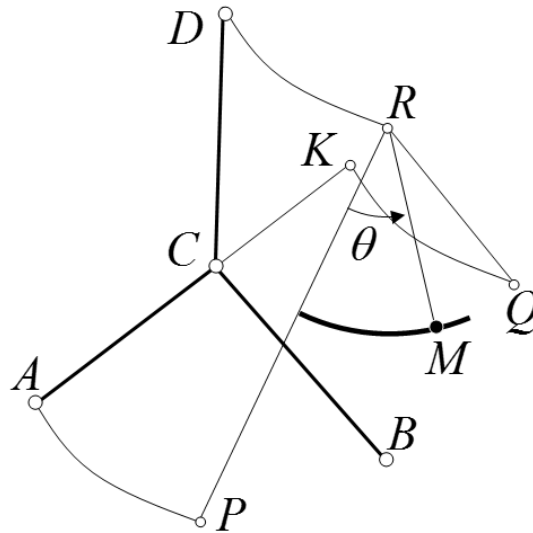


Рисунок 4 – Схема построения кругового цилиндра с эвольвентной осью

Зададим точечное уравнение эвольвенты  $P$  в подсимплексе  $BCA$ :

$$P = \frac{(A-C)\rho}{b \sin \gamma \sin \phi} [(\phi \cos \phi + \sin \phi) \sin(\gamma - \phi) - \phi \sin \gamma] + \frac{(B-C)\rho}{a \sin \gamma} (\phi \cos \phi + \sin \phi) + C, \quad (5)$$

где  $\gamma = \angle BCA$ ,  $0 \leq \phi \leq 2\pi$ ,  $b = |AC|$ ,  $a = |BC|$ ,  $\rho$  – радиус окружности.

Учитывая, что  $K=2C-A$  из параллелограммов  $QKAP$  и  $RDAP$  находим:

$$Q = P - 2(A - C), \quad R = P + D - A. \quad (6)$$

Тогда точечное уравнение кругового цилиндра с эвольвентной осью  $R$ , на основе точечного уравнения окружности, имеет вид:

$$M = (P - R) \cos \theta + (Q - R) \frac{a}{b} \sin \theta + R, \quad (7)$$

где  $0 \leq \theta \leq 2\pi$ .

Приведем пример построения кругового цилиндра с эвольвентной осью  $R$  при задании значений текущего параметра (рис. 5).

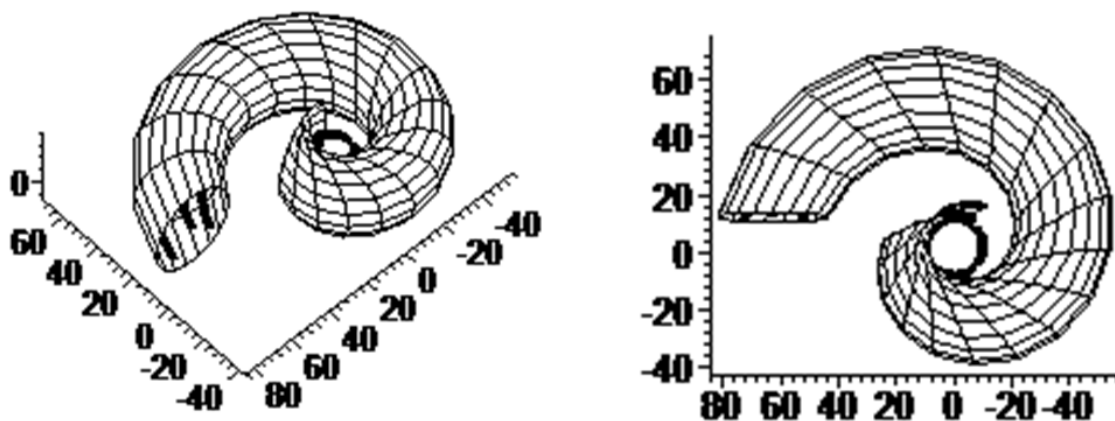


Рисунок 5 – Круговой цилиндр с эвольвентной осью

### Выводы

В статье представлен точечный алгоритм построения кругового цилиндра с эвольвентной осью на основе метода подвижного симплекса. Для получения такого алгоритма были приведены точечные уравнения окружности и эвольвенты окружности, полученные на основании графических алгоритмов построения кривых.

### Литература

1. Балюба И. Г. Конструктивная геометрия многообразий в точечном исчислении: диссертация на соискание научной степени доктора технических наук: 05.01.01 [Текст] / Балюба Иван Григорьевич. – Макеевка: МИСИ, 1995. – 227 с.
2. Малютина Т. П. Интерпретация вычислительной геометрии плоских фигур в точечном исчислении: диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук: 05.01.01 [Текст] / Малютина Татьяна Петровна. – Макеевка: МИСИ, 1998. – 161 с.
3. Конопацький Є. В. Геометричне моделювання алгебраїчних кривих та їх використання при конструюванні поверхонь у точковому численні Балюби-Найдиша: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.01.01 [Текст] / Конопацький Євген Вікторович. – Макіївка: ДонНАБА, 2012. – 163 с.
4. Давыденко И. П. Конструирование поверхностей пространственных форм методом подвижного симплекса: диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук: 05.01.01 [Текст] / Давыденко Иван Петрович. – Макеевка: ДонНАСА, 2012. – 164 с.
5. Бронштейн И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов [Текст] / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1956. – 608 с.
6. Малютина Т. П. Точечное уравнение эвольвенты и его применение при конструировании поверхностей технических форм методом подвижного симплекса [Текст] / Т. П. Малютина, И. П. Давыденко // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури: зб. наук. праць / МОН України; ДонНАБА. – Макіївка, 2015. – Вип. 2015-3(113): Будівлі та конструкції із застосуванням нових матеріалів та технологій. – С. 66–69.
7. Малютина Т. П. Построение эллиптического цилиндра с эвольвентной осью методом подвижного симплекса [Текст] / Т. П. Малютина, И. П. Давыденко, Ж. В. Старченко // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры: Сборник научных трудов / МОН Украины; ДонНАСА. – Макеевка, 2017. – Вып. 2017-3(125): Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий. – С. 62–66.

УДК 004.415.24

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА

Полшкова М. Ю.

Донецкий национальный технический университет  
кафедра компьютерного моделирования и дизайна  
E-mail: [polshkova.maria@yandex.ua](mailto:polshkova.maria@yandex.ua)

### **Аннотация:**

*Полшкова М. Ю. Преобразование Фурье и спектральный анализ при цифровой обработке сигналов электрокардиограммы сердца человека. Рассмотрены понятия кардиологии и электрокардиографии сердца. Рассмотрены основные понятия и подходы к цифровой обработке сигналов электрокардиограммы. Определены подходы к обработке сигналов электрокардиограммы с использованием преобразований Фурье и спектрального анализа.*

### **Annotation:**

*Polshkova M. Y. Fourier transform and spectral analysis in digital signal processing electrocardiogram of the human heart. The concepts of cardiology and cardiac electrocardiography are considered. The basic concepts and approaches to digital processing of electrocardiogram signals are considered. Approaches to the processing of electrocardiogram signals using Fourier transforms and spectral analysis.*

### **Общая постановка проблемы**

Как известно, кардиология – раздел медицины, изучающий сердечно-сосудистые заболевания. Современная кардиология достигла серьезных успехов в лечении и диагностике заболеваний сердца, перешла на более высокий уровень. Совершенствование аппаратуры, развитие компьютерных технологий и современных методов цифровой обработки данных позволяет расширить возможности проводимых исследований.

Электрокардиография – это метод исследования электрической активности сердца, предложенный Эйнтговетом в начале прошлого столетия и сейчас используется во всех клиниках мира для оценки состояния системы сердца. Электрическая активность сердца приводит к возникновению на поверхности тела разности потенциалов, которая может быть зафиксирована с помощью специального чувствительного прибора – электрокардиографа. В клинической и научно-исследовательской практике разность потенциалов измеряется в определенных точках, образующих систему «отведений». Зависимость от времени разности потенциалов, «отведенной» от поверхности тела, называют электрокардиограммой. Конфигурация электрокардиограммы позволяет делать заключения относительно функционального состояния сердца и наличия в нем изменений патологического или иного характера.

Цифровая обработка сигналов является базовым принципом для разработки функциональной структуры современных многоканальных электрокардиографов. Качество цифровой обработки сигналов определяется качеством аналого-цифрового преобразования, которое, в свою очередь, в значительной мере зависит от качества выделения электрокардиографического сигнала [1].

Большинство медицинских сигналов, в том числе и сигналы электрокардиограммы имеют сложные частотно-временные характеристики. Как правило, такие сигналы состоят из близких по времени, короткоживущих высокочастотных компонент и долговременных, близких по частоте низкочастотных компонент. Для анализа таких сигналов нужен метод, который сможет обеспечить хорошее разрешение и по частоте, и по времени.

### Исследования

Одним из основных методов частотного анализа и обработки сигналов является преобразование Фурье. Различают понятия «преобразование Фурье» и «ряд Фурье». Преобразование Фурье предполагает непрерывное распределение частот, а ряд Фурье задается на дискретном наборе частот. Сигналы также могут быть заданы в наборе временных отсчетов или как непрерывная функция времени. Это дает четыре варианта преобразований – преобразование Фурье с непрерывным или с дискретным временем, и ряд Фурье с непрерывным временем или с дискретным временем. Наиболее практична с точки зрения цифровой обработки сигналов дискретизация и во временной, и в частотной области, но не следует забывать, что она является аппроксимацией непрерывного преобразования. Непрерывное преобразование Фурье позволяет точно представлять любые явления. Сигнал, представленный рядом Фурье, может быть только периодичен. Сигналы произвольной формы могут быть представлены рядом Фурье только приближенно, т. к. при этом предполагается периодическое повторение рассматриваемого интервала сигнала за пределами его задания [1].

Отметим, что именно преобразование Фурье представляет сигнал, заданный в некоторой временной области, в виде разложения по ортогональным базисным функциям (синусам и косинусам), выделяя таким образом частотные компоненты. Недостаток преобразования Фурье заключается в том, что частотные компоненты не могут быть локализованы во времени, что накладывает ограничения на применимость данного метода к ряду задач (например, в случае изучения динамики изменения частотных параметров сигнала на временном интервале) [2].

Как известно, любой периодический сигнал  $f(t)$  можно разложить в ряд Фурье:

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n \cos \frac{n\pi t}{L} + b_n \sin \frac{n\pi t}{L} \right), \quad (1)$$

где  $t$  – независимая переменная, которая обозначает время;  $\omega = 2\pi/T_p$  – циклическая частота первой (или основной) гармоники.

Коэффициенты ряда имеют вид:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{1}{T_p} \int_{-T_p/2}^{T_p/2} f(t) dt, \\ a_n &= \frac{2}{T_p} \int_{-T_p/2}^{T_p/2} f(t) \cos(n\omega t) dt, \\ b_n &= \frac{2}{T_p} \int_{-T_p/2}^{T_p/2} f(t) \sin(n\omega t) dt. \end{aligned} \quad (2)$$

Процесс, в результате которого из непрерывного сигнала получают последовательность числовых значений, носит название дискретизации или аналогово-цифрового преобразования. Дискретный сигнал, помимо достоинства, связанного с простотой его компьютерной обработки, обладает еще несколькими преимуществами.

Существует два параметра процесса дискретизации, которые оказывают наибольшее влияние на точность взаимного соответствия цифрового сигналов: частота, с которой производится измерение сигнала, и точность этих измерений. Конечно, чем выше частота дискретизации и чем точнее измерения, тем в большей степени результат преобразования соответствует исходному сигналу. Однако увеличение значений обоих параметров приводит к возрастанию количества передаваемой или обрабатываемой информации [3].



Как известно, спектральный анализ представляет собой довольно тонкий инструмент исследований. Не случайно существует спектроскопия высокого и даже сверхвысокого разрешения. Настоящий работе представлен спектральный анализ электрокардиографические сигналов с целью возможного расширения диагностики функциональных состояний.

Основной тенденцией современного этапа развития методов функциональной диагностики является получение максимальной информации при минимальном воздействии на организм пациента. Регистрация и анализ сигналов электрической активности миокарда представляет собой ключевой метод неинвазивного исследования и диагностики, используемые сегодня в кардиологии. Современная функциональная диагностика располагает самыми разнообразными методами, среди которых самым распространенным остается метод регистрации электрокардиограмм, в т. ч. высокого разрешения (ЭКГ ВР) [4].

При спектральном анализе оцениваются изменения амплитудно-частотных характеристик определенного участка. Наиболее часто для спектрального анализа используют метод быстрого преобразования Фурье. Этот метод Фурье используется в компьютерной технике для проведения научных расчетов и для цифровой обработки сигналов. С помощью этого метода сигнал можно разложить на составляющие его колебания различной частоты и амплитуды. Основное требование при использовании быстрого преобразования Фурье – сигнал должен быть периодическим и непрерывным.

Обратившись более подробно к выбранной тематике статьи, уточним, что спектральный анализ позволяет вычлнить колебания ритма сердца различной периодичности. При анализе короткой записи (как правило, пятиминутной) в спектре выделяют три компонента: HF – высокочастотный (0,15 -0,4 Гц) – связан с дыхательными движениями и отражает вагусный контроль сердечного ритма; LF – низкочастотный (0,04 -0,15 Гц) – имеет смешанное происхождение и связан как с вагусным, так и с симпатическим контролем ритма сердца; VLF – очень низкочастотный (<0,04 Гц), который не учитывается. Помимо амплитуды компонентов, определяют также TF – общую мощность спектра, отражающую суммарную активность вегетативных воздействий на сердечный ритм и LF/HF – отношение мощностей низких частот к мощности высоких, значение которого свидетельствует о балансе симпатических и парасимпатических влияний [5].

В табл. 1 отображены основные параметры спектра variability сердечного ритма (VCP) здорового сердца человека.

Таблица 1 – Основные параметры спектра VCP здорового сердца человека

LF	HF	VLF	LF/HF
754-1586 $M/c^2$	772-1178 $M/c^2$	30%	1,5-2,0

Параметры спектрального анализа при патологиях сердечно-сосудистой системы представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры спектра VCP при патологиях сердечно-сосудистой системы

	TF	HF	LF	VLF	LF/HF
Ишемическая болезнь сердца	снижается	снижается	снижается	увеличивается	–
Инфаркт миокарда	снижается	снижается	увеличивается	–	увеличивается
Сердечная недостаточность	–	–	снижается (при III-IVФК)		
Диабетическая полинейропатия	снижается	снижается	снижается	–	не изменяется

## Выводы

Назначение цифровой обработки сигналов состоит в усилении сигналов, которые обычно не отличаются хорошим качеством, и/или извлечение из них информации, представляющей определенный интерес, на фоне существенного уровня шумов и многочисленных артефактов. Например, относительно рассматриваемой темы статьи, при снятии электрокардиограммы человека регистрируется электрическая активность сердца.

Для выявления и оценки периодических составляющих сердечного ритма более эффективен спектральный анализ. При изучении электрокардиограммы нетрудно убедиться в том, что она имеет вид периодически повторяющейся волны, а точнее, нескольких волн, которые имеют определенную частоту и амплитуду. Вклад каждой из этих частот в структуру ритма оценивается при помощи быстрого преобразования Фурье, результатом которого является построение графика зависимости мощности колебаний от их частоты.

Следует отметить, что вариабельностью сердечного ритма являются колебания деятельности миокарда, выражаемые показателями частоты сократительных комплексов и временной протяженности пауз между фазами максимального возбуждения и для каждого состояния организма, средняя величина отклонения от нормального ритма будет своей.

Определение вариабельности сердечного ритма является доступным неинвазивным методом оценки вегетативной регуляции сердечной деятельности. Изучение вариабельности сердечного ритма основывается на анализе электрокардиограммы, вариационных гистограмм и спектральном анализе. Определение вариабельности сердечного ритма проводится методами временного и частотного анализа на коротких (2-15 мин) и длинных (24 часа) участках записи. Неблагоприятными для прогноза заболеваний являются снижение ТФ, снижение мощности HF, возрастание мощности LF, увеличение отношения LF/HF.

## Литература

1. Давыдов. Цифровая обработка сигналов – курс лекций [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www /URL: https://studfiles.net/preview/5830098/page:2/](http://www.studfiles.net/preview/5830098/page:2/) – Загл. с экрана.
2. Studbooks [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/ URL: http://studbooks.net/926746/ekologiya/metody\\_obrabotki\\_nestatsionarnyh\\_signalov](http://studbooks.net/926746/ekologiya/metody_obrabotki_nestatsionarnyh_signalov) – Загл. с экрана.
3. Medlec [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/ URL: https://medlec.org/lek3-64288.html](http://www.medlec.org/lek3-64288.html) – Загл. с экрана.
4. Захаров С. М., Знайко Г. Г. Спектральный анализ электрокардиосигналов // Вопросы радиоэлектроники. 2017. № 3. С. 110-115.
5. Medicus [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/ URL: http://www.medicus.ru/cardiology/specialist/klinicheskoe-znachenie-issledovaniya-variabelnosti-serdechnogo-ritma-21369](http://www.medicus.ru/cardiology/specialist/klinicheskoe-znachenie-issledovaniya-variabelnosti-serdechnogo-ritma-21369) – Загл. с экрана.

УДК 004.9

## ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ЧТЕНИЯ ТЕКСТА В ФОРМАТАХ FB2 И EPUB НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

**Морнева А. Е., Коломойцева И. А.**

Донецкий национальный технический университет

кафедра программной инженерии

E-mail: [alina.morneva@mail.ru](mailto:alina.morneva@mail.ru)

### **Аннотация:**

*Морнева А. Е., Коломойцева И. А. Приложение для чтения текста в форматах fb2 и epub на мобильных устройствах. В данной работе представлена программная система для чтения текста в формате fb2 и epub на мобильных устройствах. Произведен анализ разрабатываемой системы, построена диаграмма прецедентов программного продукта, описаны основные модули и пользовательский интерфейс программы.*

### **Annotation:**

*Morneva A. E., Kolomoitseva I. A. Mobile application for reading text in fb2 and epub formats on mobile devices. In this work a software system for reading text in fb2 and epub formats on mobile devices are presented. The analysis of developed system is estimated, the use case diagram of the software product is constructed, the basic modules and the user interface of the program are described.*

### **Введение**

Использование цифровых технологий в различных областях существенно изменило нашу жизнь. Настоящей революцией стало появление электронных книг, а затем и компактных и более удобных устройств для их чтения. За счет этого появилась возможность использовать такие носители как замену бумажных книг.

Аналогичные системы для чтения книг на мобильных устройствах проанализированы в [1]. В результате анализа сформированы основные требования к программному продукту и определены функциональные характеристики разрабатываемого продукта. Обоснован выбор программных средств для разработки приложения [1].

В данной работе произведен более детальный анализ программной системы. Основная цель работы – разработка архитектура программной системы, описание основных модулей системы, интерфейса пользователя и работы основных алгоритмов программной системы в виде UML-диаграмм.

### **Архитектура программной системы**

После изучения и анализа существующих приложений для чтения текста формата fb2 и epub на мобильных устройствах были сформированы требования к функционалу будущего приложения.

Основные требования к разрабатываемой системе:

- чтение основных форматов: fb2, epub;
- простой и удобный интерфейс пользователя;
- наличие библиотеки книг;
- наличие расширенного списка пользовательских настроек для текста;
- сохранение части текста в виде цитаты;
- возможность добавления закладок для каждой книги;
- сохранение прогресса чтения;
- отображения оглавления книги;
- вывод метаданных о книге.

Данная программа разрабатывается с помощью среды Android Studio и средств языка Java [1]. Программа должна корректно функционировать на смартфонах, которые удовлетворяют следующим требованиям:

- ОС Android версии 4.4.4 и старше (API 19);
- частота процессора не менее 1,4 Гц;
- оперативная память не менее 1,5 Гб;
- исправный сенсорный экран.

На рис. 1 представлена диаграмма вариантов использования, отражающая отношения между актёрами и прецедентами и являющаяся составной частью модели прецедентов, позволяющей описать систему на концептуальном уровне [2].

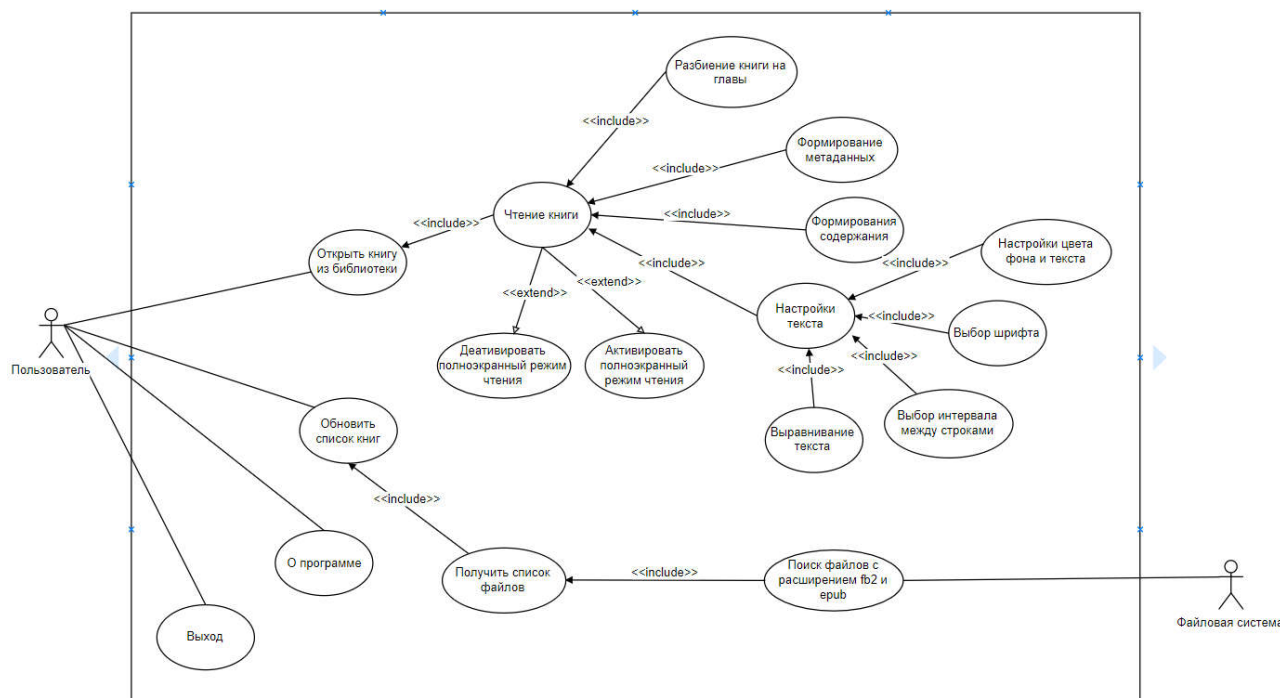


Рисунок 1 – Диаграмма прецедентов

В соответствии с требованиями к программному продукту разработана карта навигации между экранами приложения. Программа позволяет использовать выпадающее меню на экране «Библиотека» и переключаться между другими экранами: «О программе» и «Справка». Переход на экран «Книга» осуществляется с помощью выбора одной книги из списка на экране «Библиотека». «Книга» предоставляет возможность выбора четырех экранов посредством выпадающего меню: «Настройки», «О книге», «Содержание» и «Закладки». Последний экран на данный момент находится в разработке. С экрана «Содержание» пользователь может перейти на любую главу выбранной книги путем нажатия на ее название.

На рис. 2 представлена реализованная в программном продукте карта навигации между экранами программы.

В предыдущей статье «Приложение для чтения и перевода текста на мобильных устройствах “MReader”» описаны функциональные модули [1]. В процессе разработки системы, один из модулей был удален из-за трудоемкости его реализации в данном программном продукте. Остальные его части изменению не подверглись.

На рис. 3 представлена новая диаграмма модулей системы.

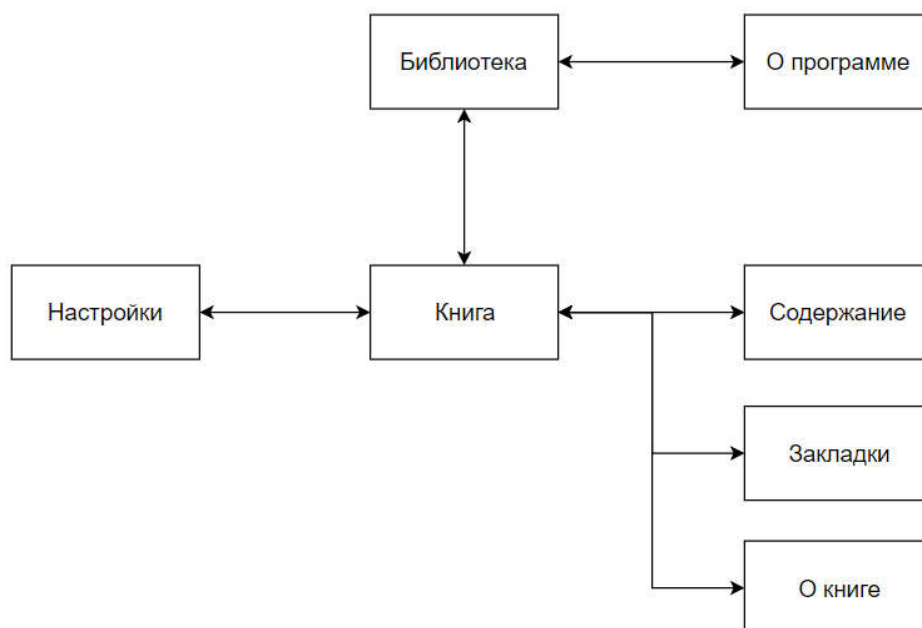


Рисунок 2 – Карта навигации между экранами программы

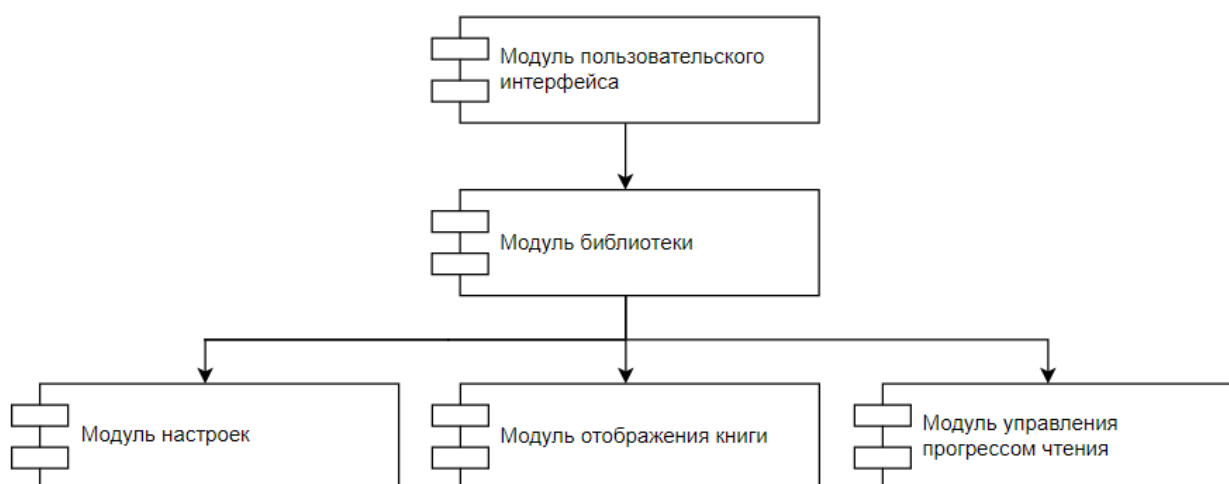


Рисунок 3 – Диаграмма модулей системы

### Описание программной системы

На данный момент в программе реализован автоматический поиск книг в файловой системе телефона и добавление их в библиотеку пользователя, чтение еpub и настройки чтения книги.

Так как работа с данными является основой разрабатываемого приложения, в качестве исходных данных выступают файлы с расширением еpub и fb2, которые необходимо добавить в систему и обработать их открытие в приложении.

Для чтения формата еpub используется специальная библиотека EPUBLIB, разработанная для Android. Данная библиотека предоставляет ряд функций:

- открытие книги для чтения;
- использование полей «автор», «заголовок», «описание» и т. д.;
- создание файлов формата еpub;
- добавление css-файлов для стилизации книги;
- создание метаданных и содержания;
- разбиение книги на главы и страницы;
- использование изображений внутри текста.



Для начала работы пользователю необходимо выбрать из списка одну из книг формата epub. Затем программа проверит корректность содержания этого файла для чтения. Если файл не подлежит для чтения, программа выведет сообщение об этом. Затем программа проанализирует выбранный файл, разобьет его на главы, выделит содержание и метаданные на отдельные экраны. Диаграмма состояний для работы модуля чтения формата epub представлена на рис. 4.



Рисунок 4 – Диаграмма состояний алгоритма чтения EPUBLIB

Для чтения формата fb2 будет использоваться встроенный Android-парсер (алгоритм разбора XML), так как файл в формате fb2 состоит из различных тегов.

Алгоритм работы циклический и заключается в поиске открывающих и закрывающих тегов с информацией, которая затем из них вынимается и записывается в виде отдельного временного html-файла [3].

Алгоритм для чтения данного типа файла представлен на рис. 5.

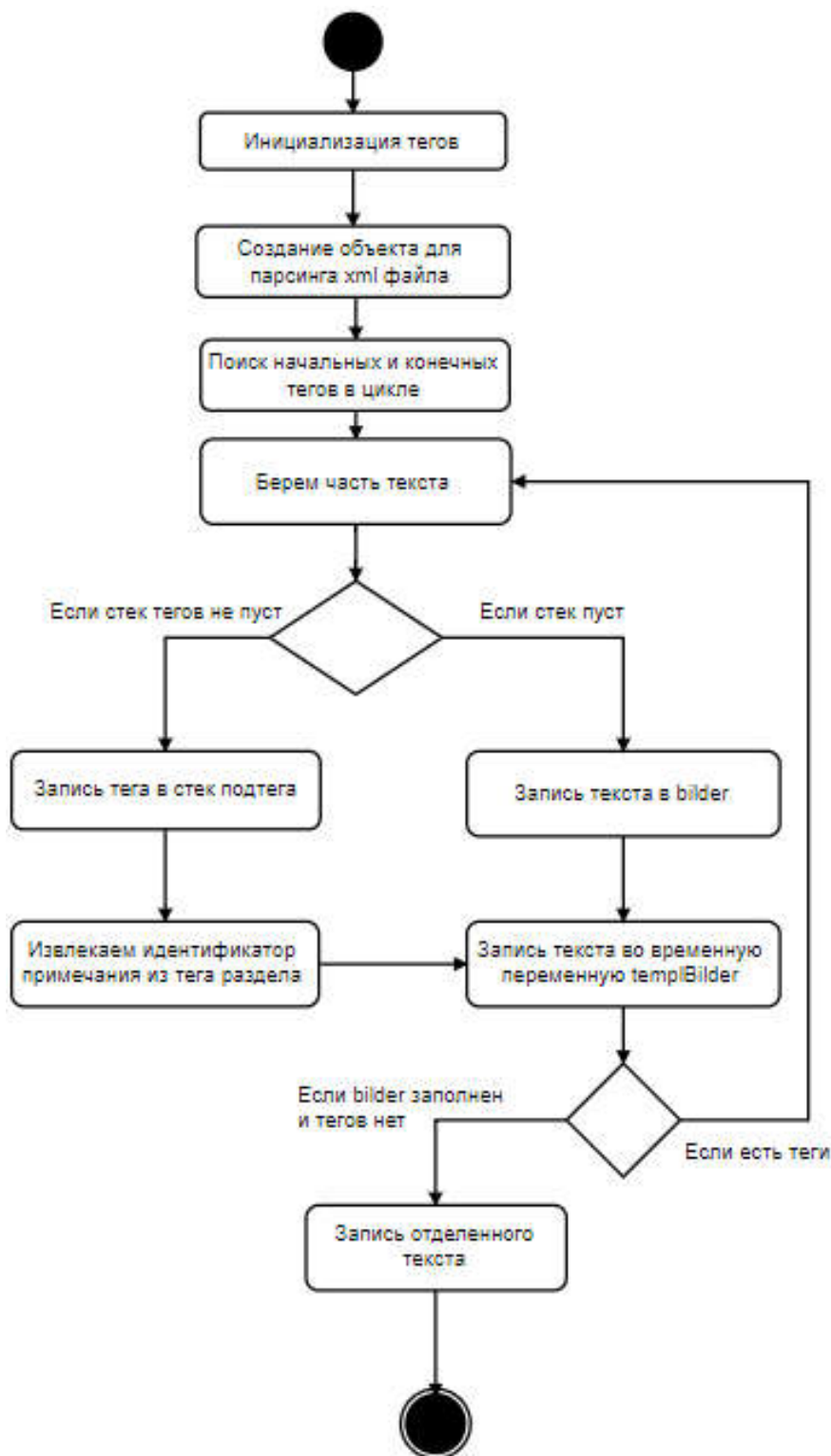


Рисунок 5 – Диаграмма состояний алгоритма чтения fb2

### Интерфейс и экранные формы приложения

Пользовательский интерфейс – совокупность средств, с помощью которых пользователь взаимодействует с приложением. Поэтому пользовательский интерфейс должен быть простым, понятным и удобным в использовании для любого пользователя [4].

На данный момент в приложении полностью реализовано пять экранов. На рис. 6 показаны экранные формы программной системы. Интерфейс программы не нагружен лишними элементами, все основные возможности находятся в выпадающем меню.

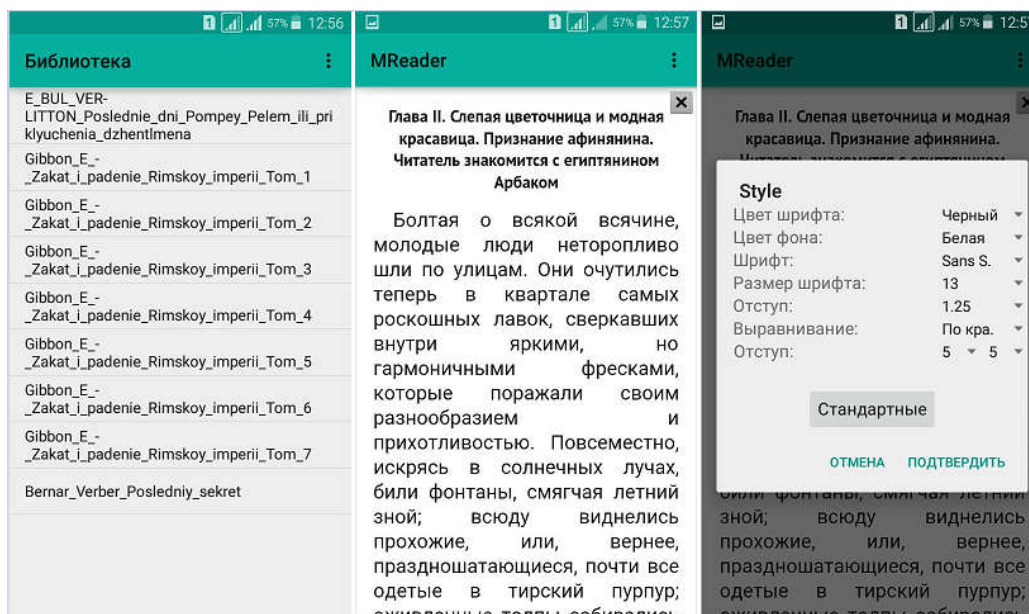


Рисунок 6 – Экранные формы приложения

Главный экран предоставляет пользователю выбор книг. Также здесь расположено выпадающее меню со вспомогательными элементами.

Экран «Книга» отображает текст книги в виде глав, может содержать изображения и ссылки на объяснения. С этого экрана можно перейти на форму «Настройки».

Если у пользователя возникнут вопросы о работе программы, на главном экране в выпадающем меню есть пункт «О программе». В нем описаны все основные сведения о приложении, как следует работать с ним и дополнительная информация об авторе и разработке программы. Также здесь находится кнопка для завершения приложения.

### Выводы

В данной работе описана и проанализирована архитектура программного продукта. На основе предыдущей работы изменены и доработаны некоторые модули системы. Составлены диаграмма прецедентов и карта навигации, описана работа библиотеки для чтения формата epub, fb2 и интерфейс приложения. Описаны разработанные части приложения в виде схем алгоритмов. На основе проанализированных данных сформированы основные функциональные характеристики разрабатываемого продукта.

В дальнейшем планируется добавить в программный продукт чтение формата fb2, синхронизацию процесса чтения и ведение закладок для каждой книги.

### Литература

1. Морнева, А. Е., Коломойцева И. А. Приложение для чтения и перевода текста на мобильных устройствах «MReader» [Текст] / А. Е. Морнева, И. А. Коломойцева // V Международной научно-технической конференции «Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях». - Донецк: ДонНТУ, 2017. – С. 268-272.
2. Диаграмма прецедентов / Интернет-ресурс. – Режим доступа: URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Диаграмма\\_прецедентов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Диаграмма_прецедентов)
3. Брайан Харди, Билл Филлипс, Крис Стюарт, Кристин Марсикано. Программирование под Android [Текст] / Брайан Харди, Билл Филлипс, Крис Стюарт, Кристин Марсикано // Питер, №2. – 2016. – С. 188-257.
4. П. Дейтел, Х. Дейтел, А. Уолд. Android для разработчиков [Текст] / П. Дейтел, Х. Дейтел, А. Уолд // Питер, №3. – 2016. – С. 59-76.

УДК 519.62

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГЕНЕТИЧЕСКИХ УТОЧНЕНИЙ РЕШЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА МЕТАЛЛООБРАБОТКИ

Долженко А. М., Рыбалко К. К.

Донской государственный технический университет  
Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове

E-mail: [conference@atidstu.ru](mailto:conference@atidstu.ru)

### **Аннотация:**

*Долженко А. М., Рыбалко К. К. Применение метода генетических уточнений решений дифференциальных уравнений на примере моделирования процесса металлообработки. В статье проиллюстрировано применение метода математического моделирования на примере решений дифференциальных уравнений генетическими преобразованиями. В качестве объекта моделирования рассмотрен процесс поверхностного пластического деформирования с гидравлическим демпфером. Графически показана эффективность предложенного метода.*

### **Annotation:**

*Dolzhenko A. M., Rybalko K. K. Application of the method of genetic refinement of solutions of differential equations by the example of modeling the process of metalworking. The article illustrates the application of the method of mathematical modeling on the example of solutions of differential equations by genetic transformations. The process of surface plastic deformation with a hydraulic damper is considered as the object of modeling. The effectiveness of the proposed method is shown graphically.*

### **Общая постановка проблемы**

Важным подходом к изучению приближенных решений дифференциальных уравнений является их визуализация, то есть построение доказательств математических положений с опорой на интуицию и наглядность. Геометрический подход в современном математическом моделировании рассматривается не только как средство развязывания задач, но и как метод их описания. В работах Ключко В. И. [1, 2] показано применение решений дифференциальных уравнений при моделировании процесса металлообработки.

При решении задач математического моделирования на практике возникает необходимость делать некоторые предположения относительно параметров, поэтому любая модель имеет некоторую степень приближения и погрешности в расчетах. Целью данной работы является демонстрация эффективности применения метода генетических уточнений при решении прикладных задач в машиностроении.

### **Исследование**

Одним из наиболее эффективных путей повышения безотказности и долговечности деталей является применение методов объемной поверхностной обработки. Объемное упрочнение повышает статическую прочность деталей, в которых рабочие напряжения распределены по сечению относительно равномерно. Для деталей, разрушение которых начинается на поверхности, разработано большое количество методов поверхностного упрочнения. Наиболее распространенными в машиностроении являются методы упрочнения поверхностным пластическим деформированием (ППД). При исследовании технологии, упрочняющей обработку методами ППД, важное место занимают две задачи: раскрытие закономерностей механики ППД упруго пластичного тела и разработка принципов управления технологическими процессами обработки деталей методами ППД.

Решение данных задач позволит усовершенствовать процессы, создать автоматизированные системы проектирования технологических операций, упрочняющей обработки деталей машин методами ППД. Металлы при деформировании проявляют упругие и пластичные свойства. Для моделирования подобных сложных систем удобно использовать структурные элементы, описывающие тот или иной физический механизм деформирования.

Металлы при деформировании проявляют упругие и пластичные свойства. Для моделирования подобных сложных систем удобно использовать структурные элементы [3], описывающие тот или иной физический механизм деформирования. Пластичный элемент может быть смоделирован с помощью структурного элемента сухого трения, сопротивление перемещения которого зависит от коэффициента сухого трения.

### Построение схемы динамического моделирования процесса поверхностного пластического деформирования с гидравлическим демпфером

Рассматривая разные комбинации сочетания структурных элементов, можно строить структурные модели тела с разными деформационными свойствами. После построения структурной модели тела можно получить соотношения, которые устанавливают функциональную зависимость между напряженным и деформированным состоянием всего агрегата, что и является одной из самых сложных задач в механике твердого деформированного тела. Для того чтобы обнаружить зависимость деформации во время контакта инструмента с поверхностью заготовки, которая обрабатывается, и зависимость от предыдущего натяжения пружины, рассматривают задачу динамического моделирования процесса поверхностного пластического деформирования детали с закрепленным гидравлическим демпфером в центре при механической обработке (рис. 1).

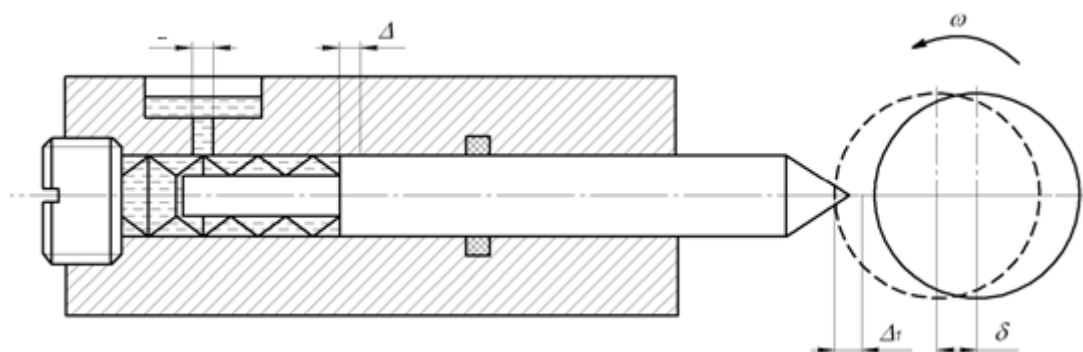


Рисунок 1 – Схема динамического моделирования процесса поверхностного пластического деформирования с гидравлическим демпфером

Дифференциальное уравнение, описывающее процесс поверхностного пластического деформирования детали, закрепленной в центрах с биением  $b$ , имеет вид:

$$mx'' = -Cx' - k(\Delta + x + \delta \sin(\omega t)) + Es(\Delta_1 - x - \delta \sin(\omega t)) \operatorname{sgn}(\Delta_1 - x - \delta \sin(\omega t)), \quad (1)$$

где  $m$  – приведенная масса инструмента, кг;  
 $C$  – коэффициент демпфирования, Н/(мм/с);  
 $k$  – жесткость пружины, Н/мм;  
 $\Delta$  – предыдущее натяжение пружины, мм;  
 $\delta$  – битье детали, мм;  
 $\omega$  – угловая скорость детали, рад/с;  
 $E$  – жесткость материала детали на единицу площади деформирования, Н/мм<sup>2</sup>;



$s$  – площадь области контакта деталь-инструмент, мм  
 $\Delta_1$  – начальное статическое натяжение инструмента в деталь, мм;  
 $\text{sgn}()$  – единичная функция, которая описывает силовое влияние поверхности детали на инструмент в случае контакта и его отсутствие при отрыве инструмента от детали.

В вышеприведенном уравнении (1) функция  $\text{sgn}()$  описывает силовое действие поверхности детали на инструмент в случае наличия контакта и его отсутствия. Рассмотрим решение данного дифференциального уравнения при следующих параметрах:  $m = 0,4$  кг,  $\omega = 10$  рад/с,  $C = 200$  Н/(мм/с),  $k = 1000$  Н/мм,  $E_s = 100$  кН/мм (рис. 2). Положим:

$$S = k_1(1 + B_1 - x - b \sin(\omega t))^3, \quad (2)$$

где  $k_1 = 1$ ,  $B_1 = 0,01$  мм,  $b = 0,01$  мм.

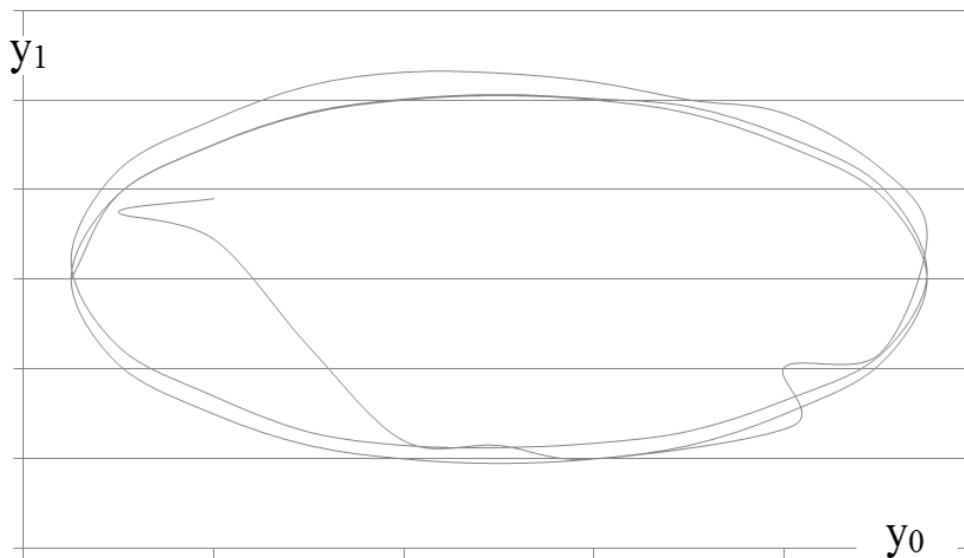


Рисунок 2 – Изменение положения детали (решение классическим методом)

После решения дифференциального уравнения методом Эйлера проведено генетическое уточнение решения [4-7]. Сам алгоритм в данной статье не приводится, так как в указанных статьях он подробно описан. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.

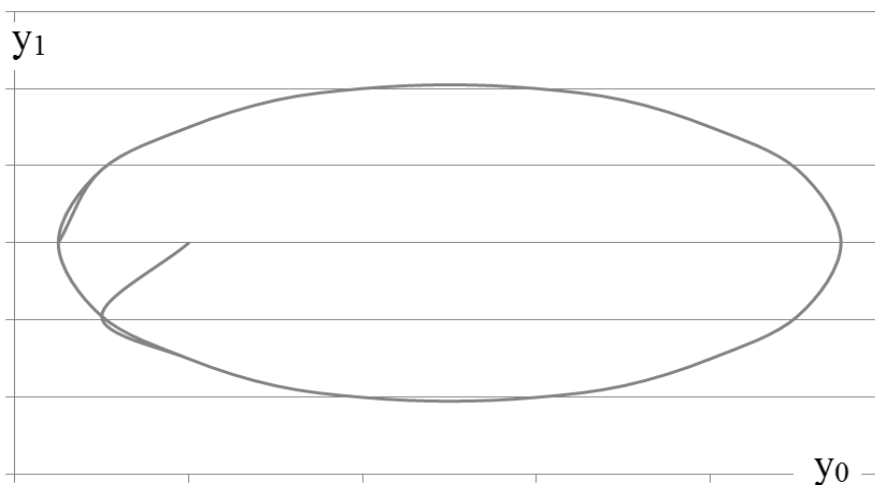


Рисунок 3 – Изменение положения детали (решение методом генетических модификаций)



Так как положение детали при обработке остается неизменным, то отклонение фазового портрета на каждом цикле можно объяснить только тем, что классический метод моделирования не позволяет точно описать систему, в отличие от генетически модифицированного метода, при котором линии практически совпадают друг с другом

### **Выводы**

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

- динамическая система имеет стойкое положение равновесия;
- начальные условия находятся в середине цикла, и фазовая траектория является спиралью, которая разворачивается к циклу;
- предельный цикл характеризует наличие в системе стойких периодических колебаний.

### **Литература**

1. Ключко В. И. Применение решений дифференциальных уравнений при моделировании процесса металлообработки как средство фундаментальной подготовки будущих инженеров / В. И. Ключко, А. А. Коломиец, К. И. Коцюбинская // Наукові праці ВНТУ, 2014, № 4.
2. Ключко В. І. Формування знань майбутніх інженерів з інформаційних технологій розв'язування диференціальних рівнянь: монографія / В. І. Ключко, З. В. Бондаренко. // Вінниця: ВНТУ, 2010. – 216 с.
3. Закутний А. С. Анализ систем автоматического управления металлообработкой / А. С. Закутний, В. С. Коцюбинский, Р. А. Романец // Праці науково-технічної конф. “Електромеханіка. Теорія і практика”. – Львів-Славськ: ДУ “Львівська політехніка”. – 1996. – С. 82-83.
4. Бойко Е. Ю. Решение экономических задач методом генетических модификаций // Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике. 2016. Т. 1. № 1. С. 18-22.
5. В. Н. Таран. Метод уточнения численных решений обыкновенных дифференциальных уравнений генетическими преобразованиями / Таран В. Н., Долженко А. М., Рыбалко К. К. // Дифференциальные уравнения и процессы управления. 2017. № 2. С. 1-14.
6. Долженко А. М. Уточнение решений задачи коммивояжера генетическими мутациями // Вестник ПГУ. Сер. Математика, механика, информатика. – 2013. – Вып.2(21).
7. Долженко А. М. Уточнение стохастических решений обыкновенных дифференциальных уравнений методом генетических преобразований / А. М. Долженко, К. К. Рыбалко // Тенденции развития науки и образования – Изд. НИЦ «Л-Журнал», 2016. – 44 с., с. 22-24.

УДК 351.862

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ МЕДИЙНОГО ОСВЕЩЕНИЯ СИРИЙСКОГО КОНФЛИКТА

**Комоцкий Е. И., Кузнецов А. Л., Кочуров Д. Н.**

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»  
кафедра анализа систем и принятия решений  
E-mail: [alexey.kuznetsov@urfu.ru](mailto:alexey.kuznetsov@urfu.ru)

### **Аннотация:**

*Комоцкий Е. И., Кузнецов А. Л., Кочуров Д. Н. Применение методов анализа данных для медийного освещения сирийского конфликта. В данной работе рассмотрено применение методов анализа данных для медийного освещения в социальных сетях Сирийского ракетного кризиса 14-25 апреля 2018 г. Построены тематические модели и диаграммы тональности постов пользователей соцсети. Полученные результаты показывают, что активность социальных сетей в Сирии значительно более запутана, чем сообщалось во многих других исследованиях онлайн-политического активизма.*

### **Annotation:**

*Komotsky E. I., Kuznetsov A. L., Kochurov D. N. Application of data analysis methods for media coverage of the Syrian conflict. Application of data analysis methods for media coverage of the Syrian conflict. In this paper, the application of data analysis methods for media coverage in social networks of the Syrian missile crisis on April 14-25, 2018 is considered. Thematic models and the tone diagrams of the users of the social network are constructed. The obtained results show that the activity of social networks in Syria is much more confused than reported in many other studies of online political activism.*

### **Общая постановка проблемы**

Конфликт в Сирии, который продолжается с марта 2011 года, характеризуется широким использованием онлайн-платформ социальных сетей всеми вовлеченными сторонами. Например, огромное количество твитов, публикуемых различными сирийскими источниками освещают события по мере их возникновения. В этой статье проанализирована активность ряда участников конфликта на одной из самых популярных социальных платформ, а именно Twitter. Основная задача – понять, в какой степени эта онлайн-активность может отражать известную ситуацию на местах, где выявляются дополнительные знания в отношениях между соответствующими группами и фракциями.

С этой целью создано единое представление, объединяющее несколько представлений данных, в рамках которых обнаруживаются связи учетных записей Twitter. Хотя другие исследователи анализировали крупномасштабные наборы данных [1] в сирийском Твиттере, в данном исследовании использован меньший набор данных, состоящий из различных списков Twitter за определенный период времени.

В отличие от других исследований онлайн активности, в которых часто встречается эффект поляризации, например, упор делается на разрыв между американскими демократами и республиканцами в блогах Twitter, данный анализ проведен с целью обнаружения корреляции между определенными средствами массовой информации, на основании которого предоставлен подробный анализ отдельных сообществ в рамках тематических и тональных категорий, в которых основное внимание уделено их основным участникам.

### Обзор литературы и анализ роли социальных медиа в Сирийском конфликте

Такие платформы, как Twitter и Youtube, сыграли важную роль в арабской весне, гражданских восстаниях в 2010 году, которые распространились из Туниса в Египет, в Ливию, в Йемен и за его пределами. Но больше всего в социальных сетях освещается гражданская война в Сирии, которая продолжается уже почти три года. Конфликт был полностью записан на видео, которые регулярно выкладываются на YouTube, а затем в Твиттере по всему миру. Все стороны конфликта, похоже, связаны с многочисленными учетными записями в социальных сетях.

Это именно та проблема, которую сегодня решает Дерек О'Каллаган [1] в университетском колледже Дублина. Его вывод заключается в том, что «активность социальных медиа в Сирии значительно более запутана, чем сообщается во многих других исследованиях онлайн-политического активизма, которые находят прямой эффект поляризации». Он изучил более 600 аккаунтов Twitter и YouTube, которые публикуют или ссылаются на контент, связанный с сирийским конфликтом. Поскольку многие из этих учетных записей указывают друг на друга или на схожий контент, они образуют сообщества между собой.

Результаты показывают 16 отдельных сообществ, которые вместе образуют четыре четко согласованные группы (рис. 1). Первые – джихадисты, состоящие из трех общин и включающие учетные записи, связанные с «Аль-Каидой». Вторые – курдские, состоящий из сообщества политических партий и молодежных организаций. Третья – Проасадовские, состоит, по сути, из одного сообщества сторонников нынешнего сирийского режима. Последняя группа состоит из десяти общин, которые характеризуются как светская или умеренная оппозиция. Сюда входят люди, которые поддерживают свободную сирийскую армию и сирийскую национальную коалицию.

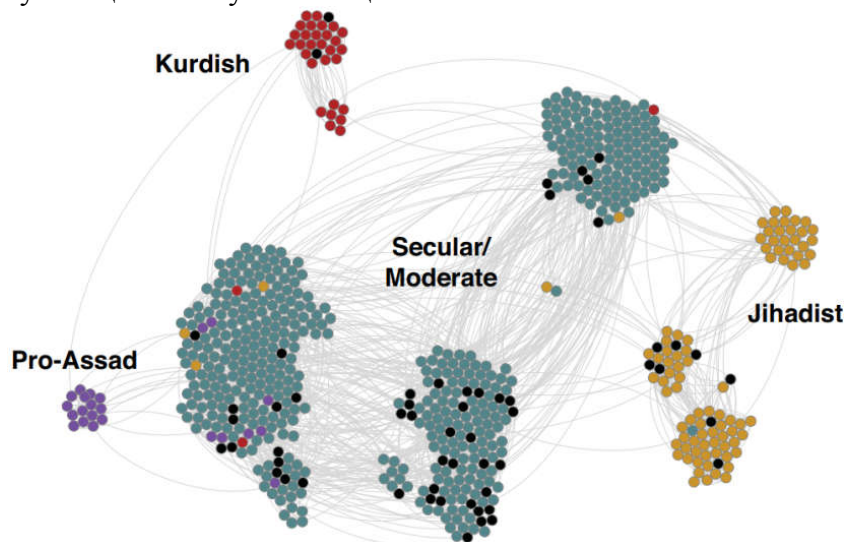


Рисунок 1 – Моделирование сирийских сообществ в социальных сетях [1]

Интересно, что в ряде исследований взаимоотношений между социальными сетями и политическими действиями явно проявляется поляризационный эффект, при котором люди делятся на две широко противоположные общины. Но ситуация в Сирии значительно сложнее.

### Применяемые методы

Анализ настроений (также известный как: классификация настроений, анализ мнений, анализ субъективности, классификация полярности, анализ влияния и т. д.) – это междисциплинарная область исследования, которая посвящена анализу человеческих чувств, эмоций и мнений людей о различных объектах, таких как продукты, услуги,



отдельные лица, компании, организации, события и темы и включает в себя множество полей, таких как обработка естественного языка (NLP), вычислительная лингвистика, поиск информации, машинное обучение и искусственный интеллект. Это набор вычислительных и основанных на NLP методов, которые можно использовать для извлечения субъективной информации основываясь на мнениях и чувствах людей. [2].

В отличие от лингвистики и NLP, область анализа мнений и настроений людей была практически заброшена до 2000 года. Однако с тех пор она начала активно развиваться, и литература стала свидетелем буквально сотен исследований. Этому способствовало несколько факторов, в том числе: развитие технологий машинного обучения в обработке естественного языка и поиске информации; доступ к наборам данных для машинного обучения из Всемирной паутины и, в частности, веб-сайтов по анализу и агрегированию данных; реализация огромных приложений в промышленности, благодаря активному развитию технологий машинного обучения [3]. Такой быстрый рост интереса к анализу настроений и что более важно, его совпадение с взрывной популярностью социальных сетей, сделали данный вопрос центральным пунктом в исследованиях в социальных сетях [2].

Тематическое моделирование – это одно из современных направлений статистического анализа текстов, активно развивающееся с конца 90-х годов. Вероятностная тематическая модель (probabilistic topic model) выявляет тематику коллекции документов, представляя каждую тему дискретным распределением вероятностей слов, а каждый документ – дискретным распределением вероятностей тем [4]. Тематическое моделирование похоже на кластеризацию документов. Отличие в том, что при кластеризации документ целиком относится к одному кластеру, тогда как тематическая модель осуществляет «мягкую кластеризацию» (soft clustering), разделяя документ между несколькими кластерами-темами. Тематические модели называют также моделями мягкой би-кластеризации, поскольку каждое слово также распределяется, но нескольким кластерам-темам. Это позволяет обходить проблемы синонимии и полисемии слов. Синонимы, взаимозаменяемые в схожих контекстах, группируются в одних и тех же темах. Многозначные слова и омонимы, наоборот, распределяют свои вероятности, но нескольким семантически не связанным темам. Например, значение слова «ядро» может быть понято из того, какая тема доминирует в контексте данного слова – математика, физика, биология или военная история [4].

Тема образуется семантически связанными, часто совместно встречающимися словами, словосочетаниями или терминами. Наиболее представительной моделью тематического моделирования является латентное распределение Дирихле (LDA) [4].

### **Методика построения моделей и анализ результатов**

Методика анализа социальных сетей для освещения Сирийского конфликта заключается в следующем: обработка профиля пользователя; формирование массива информации, опубликованного пользователем в социальной сети; структурирование массива информации; анализ данных; построение модели; подведение итогов.

В качестве источника данных была выбрана социальная сеть Twitter как одна из наиболее популярных на англоязычном интернет пространстве. Данной социальной сетью пользуются миллионы людей во всем мире, в том числе и в Сирии. Из Twitter были запрошены данные по уже существующим в интернете сирийским группировкам [5, 6]. Среди них: исламистские оппозиционные группы, группы джихадистов, свободная сирийская армия, независимые СМИ, местные СМИ, группы активистов и журналистов, СМИ оппозиции.

Часть из этих групп заблокирована в Twitter из-за того, что они незаконны, пропагандируют терроризм, либо публикуют контент неприемлемого содержания. Вследствие чего были выбраны независимые и оппозиционные СМИ. С помощью сервиса API Twitter был сделан запрос по определенным выше спискам пользователей.





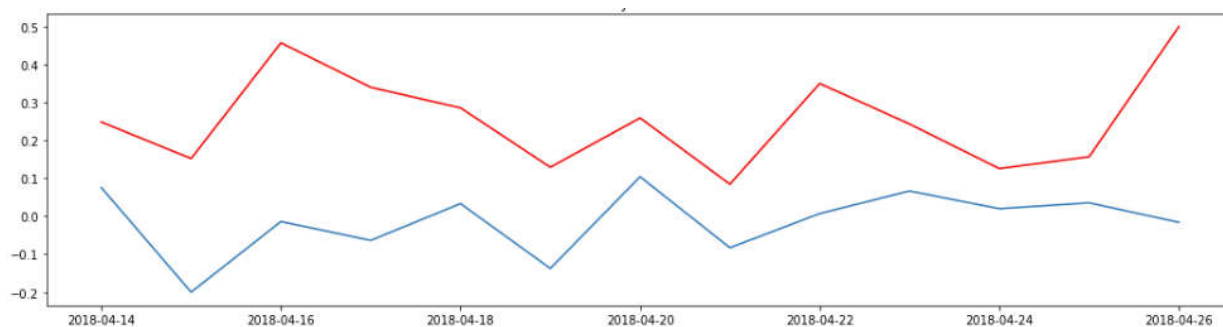


Рисунок 6 – Графики сравнения оппозиционных и независимых СМИ

На основании данного графика можно сделать вывод, что независимые СМИ, в качестве которых здесь представлены Orient News English и Qasioun News Agency, по факту таковыми не являются. Данные средства массовой информации располагаются на территории Турции и, несмотря на то, что официальная позиция Турции – «скорейшее и мирное разрешение конфликта», она была неоднократно замечена в поддержке так называемой умеренной оппозиции, которая действует на территории Сирийского государства.

### Выводы

Сирийский конфликт был охарактеризован как наиболее социально опосредованный в истории, с социальными сетями, играющими особенно важную роль. В этой статье проанализирована активность ряда участников конфликта в Twitter, пытаясь выявить зависимость в отношениях между ними. Используя методы анализа данных, которые сочетает в себе тематическое моделирование и анализ тональности, раскрыты сообщества, попадающих в две категории, которые широко отражают ситуацию на местах в Сирии. Полученные результаты показывают, что активность социальных сетей в Сирии значительно более запутана, чем сообщалось во многих других исследованиях онлайн-политического активизма.

### Литература

1. Derek O’Callaghan, Nico Prucha at al., Online Social Media in the Syria Conflict: Encompassing the Extremes and the In-Betweens [Электронный ресурс] URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/3380/b22183868284c29bd79609a60f3a53c1f90a.pdf> (дата обращения: 24.05.2018)
2. Sharda R., Henry M., “Information extraction from interviews to obtain tacit knowledge: A text mining application,” AMCIS 2009 Proceedings, p. 283, 2009.
3. Tetsuya Nasukawa and Jeonghee Yi. Sentiment analysis: Capturing favorability using natural language processing. In Proceedings of the 2nd International Conference on Knowledge Capture, K-CAP ’03, pages 70–77, New York, NY, USA, 2003. ACM.
4. Воронцов К. В. Вероятностное тематическое моделирование: обзор моделей и аддитивная регуляризация. [Электронный ресурс] URL: <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/d/d5/Voron17survey-artm.pdf> (дата обращения: 24.05.2018)
5. Medium. Syrian Opposition Twitter Accounts. [Электронный ресурс] URL: <https://medium.com/@middleeastwars/syrian-opposition-twitter-accounts-1c8d9df94c9> (дата обращения: 25.05.2018)
6. Reddit. Twitter Accounts for Syrian Groups. [Электронный ресурс] URL: [https://www.reddit.com/r/syriancivilwar/comments/7dtvb5/twitter\\_accounts\\_for\\_syrian\\_groups/](https://www.reddit.com/r/syriancivilwar/comments/7dtvb5/twitter_accounts_for_syrian_groups/) (дата обращения: 25.05.2018)

УДК 004.93.14

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Егорова М. С.\*, Мартыненко Т. В.\*, Ченгарь И. В.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления

\*\* Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при президенте Российской Федерации  
E-mail: [mariya.yegorova.mail@gmail.com](mailto:mariya.yegorova.mail@gmail.com)

### **Аннотация:**

*Егорова М. С., Мартыненко Т. В., Ченгарь И. В. Применение методов глубокого обучения в системе видеонаблюдения. В статье поднимается вопрос об актуальности и важности исследований в области компьютерного зрения. Рассмотрены наиболее популярные модели глубокого обучения. Сделан вывод о перспективности применения подобных решений в области систем безопасности и видеонаблюдения, в частности.*

### **Annotation:**

*Yegorova M. S., Martynenko T. V., Chengar I. V. The application of deep learning methods in video surveillance system. This article raises the question of the relevance and importance of research in the field of computer vision. The most popular models of deep learning are considered. The conclusion about the prospects of using such solutions in the field of security and video surveillance systems, in particular, is made.*

### **Введение**

Одна из наиболее значимых потребностей человека заключается в обеспечении безопасности жизни родных и близких, а также сохранности материальных ценностей и личного имущества. Одной из основных проблем XXI является терроризм в различных его проявлениях. Видеонаблюдение успешно применяется в местах большого скопления людей – местах потенциальной опасности – в аэропортах, различных супермаркетах, метрополитене. Благодаря использованию систем видеонаблюдения, значительно снижается риск возникновения опасных для жизни человека ситуаций. С другой стороны, видеоаналитика приобрела неблагоприятную репутацию. Одна из самых значительных проблем заключается в неспособности корректно идентифицировать объекты в ситуациях, которые кажутся тривиальными для человеческого зрения. Во многих случаях это приводит к тенденции генерировать большое количество ложных тревог. Это, наряду с большим количеством сложных процедур настройки и потребностью в ручной работе, мешает видеоаналитике стать широко используемым, развернутым на большом количестве камер решением.

Глубокое обучение – это хорошо зарекомендовавшая себя область исследований. Оно основано на сборе больших объемов данных, специфичных для конкретной проблемы, подготовке модели с использованием этих данных, а затем использовании этой модели для обработки новых данных. Что касается видеоаналитики, одной из наиболее важных проблем, влияющих на точность, является классификация. основополагающим фактором повышения производительности является способность научить алгоритм различать людей, животных, различные типы транспортных средств и источники шума с высоким уровнем точности.

### **Постановка задачи**

Целью исследования является обзор и анализ видеоинформации для дальнейшего распознавания и классификации объектов. В данном случае под объектом понимается тревожная ситуация – появление в области видимости камеры объекта, классифицируемого как тревожный. Пример работы такого приложения продемонстрирован на рис. 1.

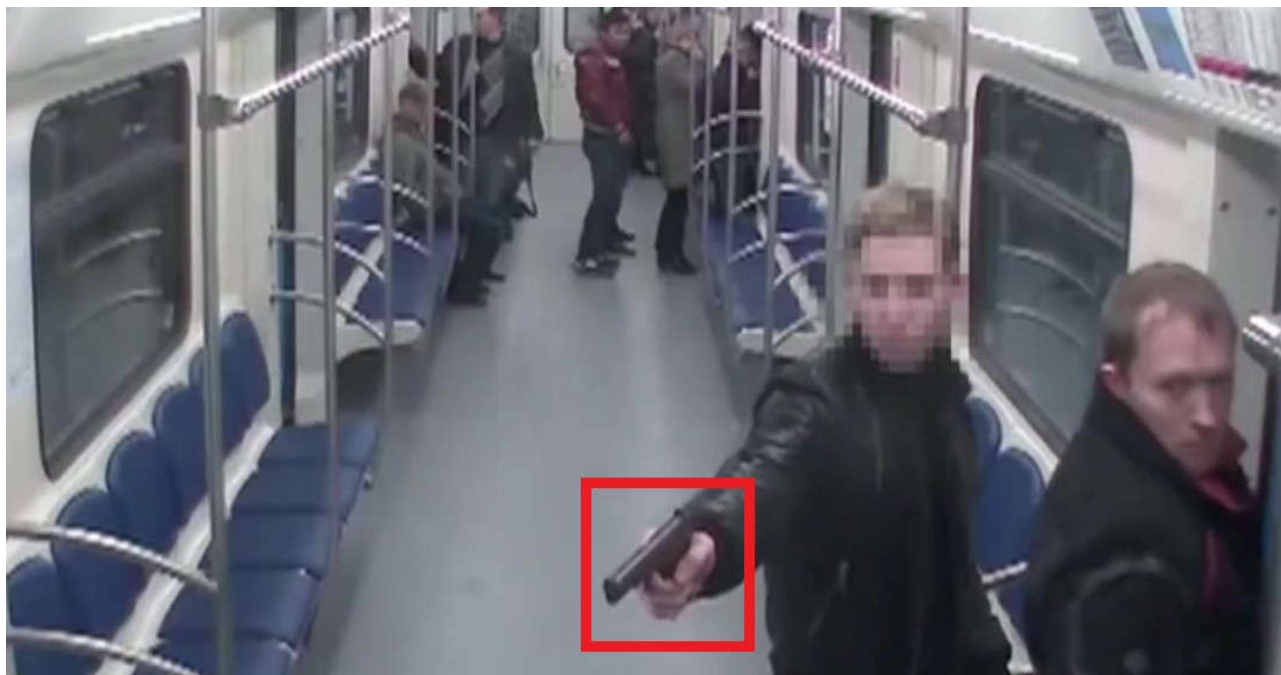


Рисунок 1 – Пример работы приложения распознавания объектов

#### Математическая постановка задачи

Анализ изображения заключается в определении его принадлежности к одному из заданных классов объектов. Для такой классификации должна быть выделена некоторая система признаков, однозначно определяющих принадлежность объекта тому или иному классу. При выборе признаков учитываются алгоритмы классификации. В зависимости от специфики рассматриваемой задачи применяют разные системы признаков. Все они имеют различные характеристики и область применения. Признак в общем виде можно формализовать следующим образом: дано  $X$  множество объектов, ситуаций, прецедентов некоторой предметной области. Признак можно представить, как указано на формуле (1).

$$f : x \rightarrow D_f, \quad (1)$$

где  $D_f$  – множество допустимых значений признака.

Часто встречаются задачи с разнотипными признаками, для решения которых подходят далеко не все методы.

Если заданы признаки  $f_1, \dots, f_n$ , то вектор  $x = (f_1(x), \dots, f_n(x))$  называется признаковым описанием объекта  $x \in X$ .

В машинном обучении признаковые описания допустимо отождествлять с самими объектами, то есть:  $X = D_{f_1} \times \dots \times D_{f_n}$ . При этом множество  $X$  называют признаковым пространством. Матрицей объектов-признаков является совокупность признаковых описаний объектов обучающей выборки  $x^l = (x_1, \dots, x_l)$  длины  $l$ , записанная в виде матрицы размера  $l \times n$  ( $l$  строк,  $n$  столбцов). Столбцы этой матрицы соответствуют признакам  $f_1, \dots, f_n$ , а каждая строка является признаковым описанием одного обучающего объекта.

В рассматриваемой задаче видеонализа тревожных ситуаций признаками могут служить такие визуальные характеристики как цвет, текстура, форма, пространственное расположение объекта, а также некоторые локальные признаки изображения, получаемые в результате сегментации и поиска точек-областей интереса.



## Обзор моделей для анализа видеoinформации

Существуют различные методы расчета признаков объектов изображения, к их числу относятся гистограммы, статистические модели, матрицы смежности и т. д., а также методы классификации объектов, такие как иерархический, фасетный и дескрипторный. При работе с видеосигналом имеет место большой массив входной информации, которую необходимо проанализировать и систематизировать. Компьютерное зрение и сети глубокого обучения в частности эффективно решают задачи распознавания, идентификации и обнаружения объектов. Приведем самые популярные из них.

**Свёрточные нейронные сети (CNN)** во многом основываются на моделях, представленных в [1]. CNN состоит из трех основных типов слоев, а именно: свёрточных, слоев объединения и полностью связанных слоев. CNN алгоритмы являются чрезвычайно успешными в задачах компьютерного зрения, таких как распознавание лиц и обнаружение объектов. Схема алгоритма CNN в общем виде приведена на рис. 2.

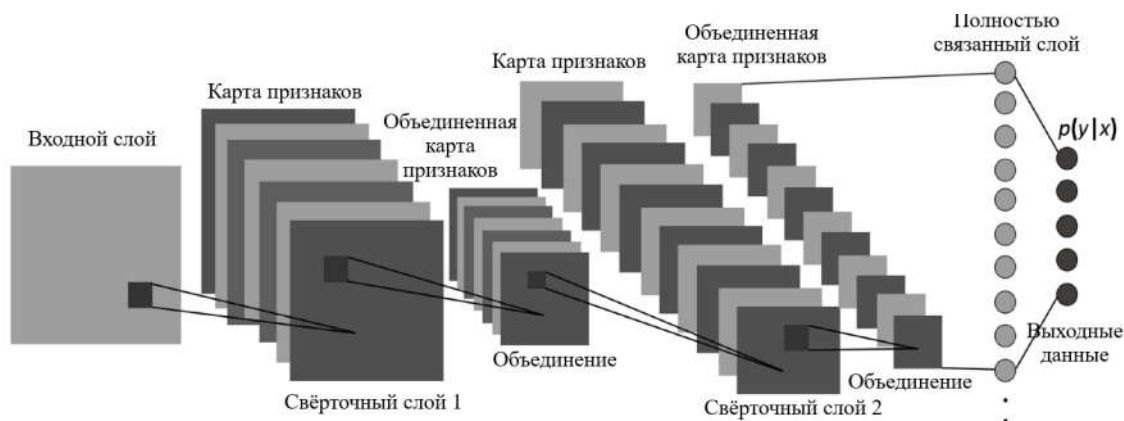


Рисунок 2 – Схема алгоритма CNN в общем виде

Одна из трудностей, которые могут возникнуть при обучении CNN, связана с большим количеством параметров, которые необходимо учесть, что может привести к проблеме переобучения. В целом, в [2] было доказано, что CNN значительно превосходит традиционные подходы к компьютерному обучению в широком спектре задач компьютерного зрения и распознавания образов. Их исключительная эффективность в сочетании с относительной легкостью в обучении являются основными причинами, которые объясняют большой всплеск их популярности в течение последних нескольких лет.

**Глубокая сеть доверия (DBN) и глубокая машина Больцмана (DBM)** – это модели глубокого обучения, которые используют ограниченную машину Больцмана (RBM) в качестве обучающего модуля. RBM представляет собой генеративную стохастическую нейронную сеть. DBN имеет направленные соединения в двух верхних слоях, которые образуют RBM и направленные соединения с нижними уровнями. DBM имеют неориентированные соединения между всеми слоями сети. Графическое представление DBN и DBM приведено на рис. 3.

**Глубокие сети доверия (DBN)** – это вероятностные генеративные модели, которые обеспечивают совместное распределение вероятностей по наблюдаемым данным и меткам. Они формируются путем укладки RBM и обучения их «жадным» способом.

В «жадном» процессе обучения DBN есть два основных преимущества. Во-первых, он решает задачу выбора параметров, что в некоторых случаях может привести к плохим локальным оптимумам, тем самым гарантируя надлежащую инициализацию сети. Во-вторых, нет требований к помеченным данным, поскольку процесс не контролируется.



Тем не менее, алгоритмы DBN также страдают от ряда недостатков, таких как вычислительная стоимость, связанная с обучением DBN.

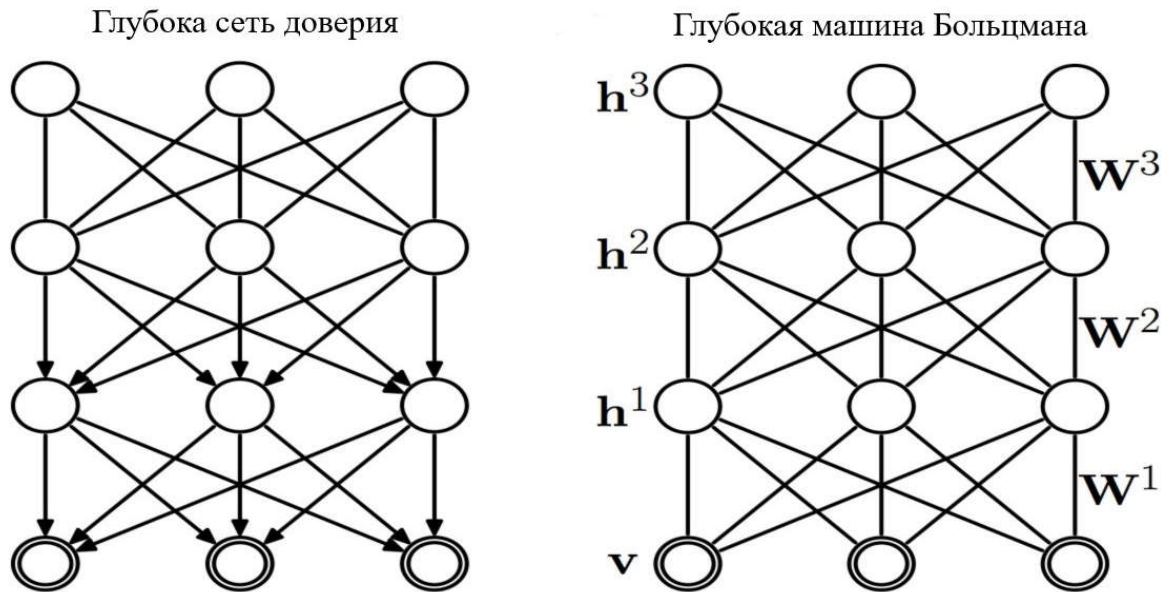


Рисунок 3 – Схематическое представление DBN и DBM

**Глубокие машины Больцмана (DBM)** [3] – это еще один тип глубокой модели, использующей RBM. Разница в архитектуре с DBN заключается в том, что во втором верхние два слоя образуют неориентированную графическую модель, а нижние слои направленную генеративную модель, тогда как в DBM все соединения ненаправлены. DBM использует алгоритм, основанный на стохастическом максимальном правдоподобии, для максимизирования нижней границы вероятности. Такой процесс, казалось бы, уязвим к падению в плохих локальных минимумах. Поэтому была предложена «жадная» стратегия обучения, которая, по сути, состоит в предварительном обучении уровней DBM, аналогично DBN, а именно, путем укладки RBM и обучения каждому слою независимо моделировать вывод предыдущего слоя, затем окончательной совместной тонкой настройкой.

Что касается преимуществ DBM, он может захватывать множество слоев сложных представлений входных данных, и подходит для неконтролируемого обучения, поскольку может быть обучен немаркированным данным, но также может быть точно настроен для конкретной задачи под контролем. Одним из наиболее существенных недостатков является, высокая вычислительная стоимость обработки, что является практически критичным обстоятельством, когда речь идет о совместной оптимизации в крупных наборах данных.

### Применение методов в системе видеонаблюдения

Описанные методы нашли применение в задачах обнаружения объектов – это процесс обнаружения экземпляров семантических объектов определенного класса в цифровых изображениях и видео. Общий подход для фреймворков подобного применения включает в себя создание большого набора потенциальных областей-точек интереса, которые в дальнейшем классифицируются с использованием возможностей CNN. Например, метод, описанный в [3], использует выборочный поиск для получения объектных предложений, извлекает возможности CNN для каждого предложения и затем передает функции в классификатор SVM, чтобы решить, включают ли окна объект или нет. Решения с помощью алгоритмов CNN (например, [4, 5]) обычно имеют хорошую точность обнаружения. Подавляющее большинство работ по обнаружению объектов с использованием глубокого обучения применяют вариации CNN, например, [6, 7, 8]. Однако



существует небольшое количество попыток обнаружения объектов с использованием других глубоких моделей.

Подытоживая вышеприведённую информацию, можно составить сравнительную характеристику моделей глубокого обучения (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика моделей глубокого обучения

Характеристика	CNN	DBN/DBM
Обучение без учителя	–	+
Эффективность обучения	–	–
Функция обучения	+	–
Инвариантность преобразований	+	–
Обобщение	+	+

*Примечание:* «+» в соответствующей ячейке означает наличие характеристики или высокую эффективность, «–» – отсутствие характеристики или низкую эффективность.

### Заключение

В статье исследуются модели глубокого обучения нейронных сетей и их применение в области видеонаблюдения. Проведен сравнительный анализ моделей, описаны ключевые преимущества и недостатки каждой модели. Основная проблема применения моделей глубокого обучения нейронных сетей является чрезвычайно высокая вычислительная стоимость, особенно когда речь идет об обработке видеопотока. Хотя данная сфера разработок и является перспективной, на сегодняшний день ещё не нашла применения в задачах обработки потокового видеосигнала.

### Литература

1. D. H. Hubel, T. N. Wiesel, “Receptive fields, binocular interaction, and functional architecture in the cat's visual cortex” [Electronic Resource] / URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1359523/>
2. Y. Bengio, “Learning deep architectures for AI” [Electronic Resource] / URL: <https://www.iro.umontreal.ca/~bengioy/papers/ftml.pdf>
3. R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, J. Malik, “Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation” [Electronic resource] / URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/9da7/d8b23c4d4db57a0f35567fdafae7c86dc039.pdf>
4. R. Girshick, “Fast R-CNN” [Electronic resource] / URL: [https://www.cv-foundation.org/openaccess/content\\_iccv\\_2015/papers/Girshick\\_Fast\\_R-CNN\\_ICCV\\_2015\\_paper.pdf](https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_iccv_2015/papers/Girshick_Fast_R-CNN_ICCV_2015_paper.pdf)
5. S. Ren, K. He, R. Girshick, J. Sun, “Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks” [Electronic resource] / URL: <https://arxiv.org/pdf/1506.01497.pdf>
6. W. Ouyang, X. Zeng, X. Wang, “DeepID-Net: Object Detection with Deformable Part Based Convolutional Neural Networks” [Electronic resource] / URL: <http://www.ee.cuhk.edu.hk/~wlouyang/Papers/DeepID-Net.pdf>
7. A. Diba, V. Sharma, A. Pazandeh, H. Pirsiavash, L. V. Gool, “Weakly Supervised Cascaded Convolutional Networks” [Electronic resource] / URL: [https://www.csee.umbc.edu/~hpirsiav/papers/cascade\\_cvpr17.pdf](https://www.csee.umbc.edu/~hpirsiav/papers/cascade_cvpr17.pdf)
8. T. Chen, S. Lu, J. Fan, “S-CNN: Subcategory-aware convolutional networks for object detection” [Electronic resource] / URL: [https://www.researchgate.net/publication/320050232\\_S-CNN\\_Subcategory-aware\\_convolutional\\_networks\\_for\\_object\\_detection](https://www.researchgate.net/publication/320050232_S-CNN_Subcategory-aware_convolutional_networks_for_object_detection)

УДК 004.932.2

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕКСТУРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИРОДНОГО ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ С РАЗНОЙ ЗЕРНИСТОСТЬЮ

Погодин С. К.\*, Привалов М. В.\*, Макаров И. В.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления

\*\* Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Севастопольский государственный университет»

E-mail: [mr.stas.gin@mail.ru](mailto:mr.stas.gin@mail.ru)

### **Аннотация:**

*Погодин С. К., Привалов М. В., Макаров И. В. Применение методов текстурного анализа для классификации изображений природного облицовочного камня с разной зернистостью. В статье приведено описание применения нескольких методов текстурного анализа для решения задачи классификации изображений природного облицовочного камня. Для определения набора признаков текстуры предложено выполнять отбор признаков на основе однофакторного дисперсионного анализа. Описаны методы классификации на основе вычисления минимального расстояния. Приведены результаты классификации с использованием всех описанных методов и определен лучший результат.*

### **Annotation:**

*Pogodin S.K., Privalov M.V., Makarov I. V. Application of methods of texture analysis for the classification of images of natural facing stone with different granularity. The article describes application of several methods of texture analysis for solution of natural facing stone images classification problem. Proposed to apply on one-way analysis of variance for the feature selection. Classification methods based on the calculation of the minimum distance are described. The classification results are presented using all the methods described and the best classification result was determined.*

### **Общая постановка проблемы**

Внешний вид природного облицовочного камня имеет важное значение при его применении для отделки различных сооружений и определяет качество облицовочного камня как промышленного изделия. Внешний вид природного камня зависит от его кристаллической структуры, химического состава, процесса образования. Поэтому между показателями качества внешней поверхности и физико-механическими характеристиками камня существуют сильные автокорреляционные зависимости, что соответствует общей автокорреляционной теории. Это указывает на принципиальную возможность оценки механических характеристик изделий из природного камня на основе измерения геометрических характеристик текстуры поверхности камня.

Исходя из размера структурных элементов, природный камень делится на 3 группы: мелкозернистые (зерна меньше 2 мм), среднезернистые (от 2 до 5 мм) и крупнозернистые (свыше 5 мм). Чем меньше размер структурных элементов, тем камень более устойчив к внешним воздействиям.

Известный метод определения размера структурных элементов облицовочного камня представляет собой сравнение с эталонами (согласованными образцами). Такое сравнение выполняет специалист визуально на основе органолептического анализа. Недостатками данного метода является низкая точность, необходимость привлечения высококвалифицированных специалистов, необходимость хранения численного набора образцов для сравнения, низкая производительность и, как следствие, невозможность 100 % контроля при проверке крупной партии изделий. Применение современных компьютерных



технологий для обработки изображений поверхности облицовочного камня позволит автоматизировать процесс контроля изделий из камня, расширит функциональные возможности средств измерений и уменьшит время, затрачиваемое на измерения.

**Цель работы** – исследование существующих методов определения зернистости природного камня для повышения эффективности процесса контроля качества изделий из природного облицовочного камня.

### **Анализ методов решения**

Для определения размера структурных элементов природного облицовочного камня по изображению, необходимо провести классификацию, которая позволит отнести обрабатываемое изображение к одному из трех классов, соответствующему размерам зерен облицовочного камня.

Классификация изображения заключается в сравнении показателей обрабатываемого изображения с эталонными показателями класса. Показателями служат различные признаки, которые вычисляются на основе методов цифровой обработки изображений.

Поэтапно процесс классификации можно описать следующим образом:

1. формирование эталонных показателей каждого класса;
2. сравнение показателей обрабатываемого изображения с эталонными показателями для каждого класса;
3. определение наиболее вероятного класса для обрабатываемого изображения.

Перед выполнением классификации изображения облицовочного камня с разной зернистостью необходимо выбрать метод определения признаков, отобрать наиболее информативные признаки для выбранного метода, а также выбрать метод классификации.

Ниже приведено обоснование и описание методов, которые использовались в данной работе для проведения эксперимента.

**Методы определения признаков.** Учитывая особенности изображений природного облицовочного камня, а именно: разнообразие цветового пространства и отсутствие явно выраженных границ структурных элементов, в работе [1], которая посвящена похожей задаче определения размеров структурных элементов на изображениях биомедицинских препаратов, предлагается использовать методы текстурного анализа.

Использование методов текстурного анализа предполагает собой получение различных признаков, характеризующих текстуру изображения. В зависимости от используемых признаков, методы текстурного анализа можно разделить на статистические, структурные, фрактальные и спектральные.

Основным недостатком фрактальных и структурных методов являются большие вычислительные затраты, что может привести к негативным последствиям при массовом контроле промышленной продукции, поэтому для дальнейшего исследования были выбраны статистические и спектральные методы.

В данной работе для эксперимента были выбраны:

- статистический подход Харалика;
- спектральные методы на основе вейвлет-преобразований.

Статистический подход Харалика. Данный метод заключается в вычислении признаков Харалика второго порядка. Эти признаки вычисляются в предположении, что информация о текстуре изображения заключается в общем или среднем пространственном отношении одних оттенков серого, содержащихся в изображении, к другим. Для вычисления этих признаков составляются 4 матрицы пространственной смежности под углами  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $135^\circ$ . По каждой из этих матриц вычисляется набор из 14 признаков Харалика второго порядка.

Признаки Харалика: угловой второй момент, контраст Харалика, корреляция Харалика, дисперсия Харалика, обратный разностный момент, суммарное среднее,



суммарная дисперсия, суммарная энтропия, энтропия, разностная дисперсия, разностная энтропия, первая информационная мера корреляции, вторая информационная мера корреляции и максимальный коэффициент корреляции.

Характеристики содержат в себе информацию о таких особенностях изображения, как однородность, линейные зависимости оттенков серого, контрастность, число и природа границ, сложность структуры изображения.

Каждая из характеристик может быть использована как некоторое число, сопоставляемое изображению, и эти числа (или вектора из них) могут быть кластеризованы на числовой прямой (или в соответствующем пространстве) для решения задачи классификации.

Вейвлет-преобразование. Данный метод представляет собой разбиение исходного сигнала на низкочастотную и высокочастотные составляющие. При преобразовании изображений, каждая из этих составляющих представляет собой матрицу коэффициентов.

Для удобства оценки составляющих, в работе [2], предлагается использовать следующие характеристики, которые вычисляются для каждой матрицы коэффициентов: среднее, медиана, мода, максимум, минимум, разница, стандартное отклонение, медианное абсолютное отклонение и среднее абсолютное отклонение.

Существует большое количество различных вейвлет-преобразований, их отличие заключается в использовании разных функций и коэффициентов при разбиении сигнала. Для эксперимента были выбраны вейвлет-преобразования Хаара и Добеши (4). Вейвлет-преобразование Хаара является самым простым дискретным преобразованием, а вейвлет-преобразование Добеши (4) показывает лучшие результаты при обработке двумерных сигналов [3].

**Отбор признаков.** Использование любого метода текстурного анализа предполагает собой вычисление различных признаков, при этом неизвестно какой или какие признаки лучше использовать для дальнейшей классификации.

Для решения этой проблемы существует большое количество методов определения информативности признаков, однако большинство из них подходит только для признаков, которые характеризуют две выборки значений. В нашем случае необходим метод для трех выборок, которые соответствуют группе размера структурных элементов. Для отбора признаков был выбран метод Фишера на основе однофакторного дисперсионного анализа.

Метод заключается в определении числового значения информативности каждого отдельного признака и вычисляется по формуле:

$$F = \frac{S_2^2}{S_1^2}, \quad (1)$$

где  $S_2^2$  – дисперсия, характеризующая рассеяние внутри групп (случайная вариация признака), эту величину называют также остаточной дисперсией;  $S_1^2$  – дисперсия, характеризующая рассеяние групповых средних (систематическая вариация).

После вычисления информативности признака, полученное значение сравнивается с табличным критическим значением Фишера и делается вывод о пригодности или непригодности признака для дальнейшей классификации. На данный момент используются две таблицы критических значений Фишера: для уровня значимости 0,05 и 0,01. Причем по таблице для уровня значимости 0,01 проводится более строгий отбор признаков.

**Методы классификации.** В данной работе для классификации изображений природного облицовочного камня были выбраны два метода основанных на поиске минимального расстояния: Эвклидово расстояние и расстояние Махаланобиса.



Эвклидово расстояние представляет собой геометрическое расстояние между векторами признаков и вычисляется по формуле:

$$e(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}, \quad (2)$$

где  $x_i$  – признак классифицируемого изображения;  $y_i$  – эталонный признак;  $n$  – количество признаков в каждом векторе.

Его использование предполагает, что все компоненты вектора признаков имеют равную дисперсию, независимы и одинаково важны при классификации объектов.

Расстояние Махаланобиса – мера расстояния между векторами случайных величин, обобщающая понятие Евклидова расстояния. С помощью расстояния Махаланобиса можно определять сходство неизвестной и известной выборки. Оно отличается от расстояния Евклида тем, что учитывает корреляции между переменными и инвариантно к масштабу.

$$m(x, y) = \sqrt{(x - y)' S^{-1} (x - y)}, \quad (3)$$

где  $x$  – вектор признаков классифицируемого изображения,  $y$  – вектор эталонных признаков,  $S^{-1}$  – объединенная матрица ковариации двух векторов.

### Эксперимент

Эксперимент проходил в несколько этапов:

1. Формирование обучающей выборки;
2. Отбор информативных признаков;
3. Классификация тестовой выборки.

**Формирование обучающей выборки.** Обучающая выборка была сформирована из 15 изображений разнотипных облицовочных камней, по 5 изображений в каждом классе зернистости. Для каждого изображения были вычислены все признаки по выбранным методам текстурного анализа, 56 признаков для статистического метода Харалика (по 14 для каждой матрицы пространственной смежности) и по 36 признаков для каждого вейвлет-преобразования (по 9 для каждой матрицы коэффициентов).

**Отбор информативных признаков.** По данным обучающей выборки, используя метод Фишера на основе однофакторного дисперсионного анализа, была вычислена информативность каждого признака для всех методов текстурного анализа.

По таблицам критических значений Фишера было отобрано по 2 набора признаков для каждого метода. Первый набор состоял из признаков, превысивших порог уровня значимости 0,05, второй для уровня значимости 0,01.

**Классификация тестовой выборки.** Тестовая выборка была сформирована из 15 изображений облицовочных камней обладающих разной зернистостью, по 5 в каждой группе. Ни одно изображение тестовой выборки не совпадало с изображениями обучающей выборки.

Эталонными показателями являлись усредненные значения каждого признака обучающей выборки.

Была произведена классификация изображений тестовой выборки, используя методы расчета минимального расстояния.

Классификация проводилась с использованием 3 наборов признаков для каждого метода текстурного анализа:

1. С использованием всех признаков;
2. С использованием признаков, превысивших порог уровня значимости 0,05;
3. С использованием признаков, превысивших порог уровня значимости 0,01.

Результаты классификации приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты классификации изображений

Метод текстурного анализа	№ набора признаков	Количество правильно классифицированных изображений		% классификации	
		Эвклидово расстояние	Расстояние Махаланобиса	Эвклидово расстояние	Расстояние Махаланобиса
Статистические признаки Харалика	1	5	5	33 %	33 %
	2	12	13	80 %	86,6 %
	3	14	14	93,3 %	93,3 %
Вейвлет- преобразование Хаара	1	7	7	46,6 %	46,6 %
	2	11	11	73,3 %	73,3 %
	3	12	12	80 %	80 %
Вейвлет- преобразование Добеша (4)	1	8	8	53,3 %	53,3 %
	2	12	12	80 %	80 %
	3	13	13	86,6 %	86,6 %

### Выводы

В данной работе была описана проблема, которая на данный момент возникает в процессе контроля качества изделий из облицовочного камня. Было предложено решение данной проблемы путем использования современных компьютерных технологий.

Были рассмотрены методы текстурного анализа для решения задачи классификации природных облицовочных камней с разной зернистостью. В качестве методов текстурного анализа были выбраны статистический и спектральные подходы.

Для отбора наиболее информативных признаков был рассмотрен метод Фишера на основе однофакторного дисперсионного анализа.

Были представлены результаты классификации с использованием выбранных методов текстурного анализа. В качестве методов классификации, использовались методы на основе поиска минимально расстояния: Эвклидово расстояние и расстояние Махаланобиса. Классификация проводилась с использованием разных наборов признаков. Наилучшую классификацию удалось произвести с использованием статистического подхода Харалика, используя признаки, которые превысили критическое значение Фишера по таблице для уровня значимости 0,01. Эти признаки:

- первая информационная мера корреляции (для всех матриц смежности);
- контраст и разностная дисперсия (для матрицы смежности  $0^\circ$ );
- обратный разностный момент, разностная энтропия (для матриц  $0^\circ$  и  $90^\circ$ ).

Использование данного набора признаков привело к правильной классификации 14 изображений тестовой выборки из 15.

### Литература

1. Батюков А. М., Разработка и реализация алгоритмов классификации изображений биомедицинских препаратов. / А. М. Батюков // Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Санкт-Петербург – 2015. – 107с.
2. Нагорнов О. В., Никитаев В. Г., Простокишин В. М., Тюфлин С. А., Проничев А. Н., Бухарова Т. И., Чистов К. С., Кашафутдинов Р. З., Хоркин В. А., Вейвлет-анализ в примерах // Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 120 с.
3. Шоберг А. Г. Современные методы обработки изображений: модифицированное вейвлет-преобразование / А. Г. Шоберг. - Хабаровск: Изд. Тихоокеан. гос. ун-та, 2014 - 125 с.



УДК 004.031.43

## ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Соломаха С. С.\*, Мальчева Р. В.\*, Дегтярева И. И.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет

кафедра компьютерной инженерии

\*\* Полесский государственный университет, г. Пинск, Брестская обл.,

Республика Беларусь, кафедра высшей математики и информационных технологий

E-mail: [sergey.solomakha@yahoo.com](mailto:sergey.solomakha@yahoo.com)

### **Аннотация:**

*Соломаха С. С., Мальчева Р. В., Дегтярева И. И. Применение облачных вычислений в системах реального времени. Рассмотрена проблема использования облачных функций в системе реального времени. Построены математическая и физическая модели. Проведены исследования трудоемкости и определена граница эффективности использования облачных функций для рассматриваемой конфигурации аппаратных средств.*

### **Annotation:**

*Solomakha S. S., Malcheva R. V., Dzehtsiarova I. I. Application of the cloud computing in real-time systems. The problem of a cloud computing application in real-time systems is considered. The mathematical and physical models are developed. The results of modeling are presented. Investigations of labor intensity are carried out and the boundary of the effectiveness of using cloud functions for the considered hardware configuration is determined.*

### **Общая постановка проблемы**

Системы реального времени имеют жесткие ограничения на временные (динамические) характеристики работы [1]. В стремлении к компактности, вычислительная мощность таких систем уменьшается. Установленные ограничения на время выполнения программы и максимальная возможная частота микропроцессора определяют максимальную трудоемкость алгоритма. В случае наличия ограничений на размеры и вес устройства, а также выхода алгоритма за пределы максимально-допустимой трудоемкости, физическая реализация устройства оказывается под сомнением. Одним из подходов для решения данной проблемы может служить вынесение трудоемких частей алгоритма в виде функций на внешние вычислительные ресурсы – в облако – с обеспечением последующего доступа к ним.

### **Обобщенная математическая модель**

Для формализации задачи рассмотрим обобщенную математическую модель. Известно, что трудоемкость алгоритма определяется необходимым количеством процессорных операций и операций ввода-вывода [2]. Допустим, что в рассматриваемой системе реального времени скорость обработки команд равна частоте базового микропроцессора, а длительность обработки одной команды составляет 1 такт. Тогда, при наличии в системе ограничения на время реакции и при постоянной частоте, можно определить максимальную трудоемкость алгоритма по следующей формуле:

$$Q_{\max} = F \cdot t, \quad (1)$$

где  $Q_{\max}$  – максимальная трудоемкость алгоритма;  
 $F$  – частота обработки команд;  
 $t$  – время реакции на внешнее событие.

В случае вынесения алгоритма на внешние вычислительные ресурсы суммарное значение времени передачи данных (при передаче функции параметров), собственно времени выполнения функции и времени получения результата не должно превышать времени выполнения той же функции микропроцессором. Следовательно, должно выполняться условие:

$$t_s(b_1) + t_{Qc}(Q) + t_R(b_2) < t_L(Q), \quad (2)$$

где  $t_s$  – время передачи данных облачной функции;  
 $t_{Qc}$  – время выполнения облачной функции;  
 $t_R$  – время получения результата от облачной функции;  
 $t_L$  – время обработки данных микропроцессором;  
 $b_1$  – количество передаваемых байт;  
 $b_2$  – количество получаемых байт;  
 $Q$  – трудоемкость алгоритма.

### Структурная схема модели

Основными элементами модели являются: микропроцессорная система реального времени, интерфейс передачи данных, среда передачи данных и облачный сервер.

Существует немало вариаций подключения микропроцессорных систем к облачным серверам. Модули взаимодействия с Интернетом могут быть подключены к универсальному асинхронному приемо-передатчику микропроцессора (UART-интерфейсу) [3]. В свою очередь, процесс доступа к облачной функции заключается в подключении к точке входа в облако, которую обычно обслуживает балансировщик сетевой нагрузки, распределяющий подключение на наиболее подходящий сервер, где выполняется функция [4].

Таким образом, можно упростить рассмотрение модели взаимодействия микропроцессора с облачным сервером, представив последний как компьютер (PC) с USB-входом. Для согласования UART и USB используется адаптер, который может быть и беспроводным [5].

Структурная схема модели приведена на рис. 1.



Рисунок 1 – Структурная схема модели

При условии, что время приема и время передачи данных по UART равны, временные функции имеют вид:

$$t_s(b) = t_R(b) = \frac{1}{V_{Bs}} \cdot b, \quad (3)$$

где  $V_{Bs}$  – скорость передачи данных, байт/сек;  
 $b$  – количество байт.

$$V_{Bs} = \frac{d \cdot V_U}{(d + 1 + s + p) \cdot bits}, \quad (4)$$

где  $V_U$  – скорость передачи данных, бод/сек;  
 $d$  – количество байт,

$s$  – количество стоповых бит,  
 $p$  – бит четности (равен 1, если присутствует, иначе 0),  
 $bits$  – количество битов в передаваемом байте.

$$t_{Qc}(Q) = \frac{Q}{F_{PC}}, \quad (5)$$

где  $F_{PC}$  – частота обработки команд компьютером.

$$t_L(Q) = \frac{Q}{F_{MCU}}, \quad (6)$$

где  $F_{MCU}$  – частота обработки команд микроконтроллером.

### Физическая модель

Построение физической модели осуществлено в соответствии со структурной схемой, разработанной ранее (рис. 1).

Для построения модели использованы следующие компоненты:

- PC на базе AMD Phenom II B70 (3 ядра), под управлением Windows 10 Pro;
- отладочная плата MikroElektronika EasyPIC Fusion v7 с MCU PIC24EP512GU810.

Микроконтроллер PIC24EP512GU810 относится к серии промышленных микроконтроллеров и может применяться для построения систем реального времени [6].

Трудоемкость алгоритма затруднительно просчитать предварительно из-за наличия условных переходов, по ветвям которых находятся фрагменты разной длины. При этом трудоемкость алгоритма можно определить эмпирически, путем подсчета количества тактов процессора, в период выполнения алгоритма. Это можно сделать с помощью синхронного счетчика, запустив счет в начале выполнения алгоритма и остановив его в конце.

Исследование физической модели заключается в измерении времени выполнения алгоритмов полезной нагрузки одинаковой трудоемкости, выполняемых локально и удаленно, с учетом времени передачи данных. Для определения порога эффективности, трудоемкость алгоритма увеличивается итерационно.

Измерение времени производится на стороне микроконтроллера, где в качестве средства измерения используется один из таймеров, задействованный в роли счетчика тактов. В изучаемой модели в качестве функции полезной нагрузки используется функция поиска в тексте фраз по их MD5 хеш-сумме.

Измерения времени предполагается производить для функций, использующих в реализации алгоритмы полезной нагрузки одинаковой трудоемкости, выполняемые локально и удаленно. Фрагмент исходного кода для осуществления измерений имеет вид:

```
// Измерение локальной функции
StartMeasure();
my_sz = md5search(Text, i*2+10, &md5c, bBuf1, szBuf1);
StopMeasure(&PERF);
telemetry_cloud(&PERF, F_MD5SRCH_LOCAL);
// Измерение удаленной функции
StartMeasure();
cl_sz = md5search_cloud(Text, i*2+10, &md5c, bBuf2, szBuf2);
StopMeasure(&PERF);
telemetry_cloud(&PERF, F_MD5SRCH_CLOUD);
```



Основные параметры моделей:

1. трудоемкость алгоритма  $Q$  – определяется экспериментально;
2. объем передаваемых данных, с учетом протокола обмена, в байтах, определяется по формуле:

$$b_1 = 41 + 2(i-1), \quad (7)$$

где  $i$  – номер итерации;

3. объем получаемых параметров с учетом протокола обмена  $b_2 = 20$  байт;
4. частота микроконтроллера  $F_{MCU} = 40$  МГц;
5. частота процессора ПК  $F_{PC} = 3500$  МГц;
6. UART – скорость передачи 9600, по 8 бит, с одним стоповым разрядом и без четности.

### Результаты моделирования

Для выполнения моделирования на базе математической модели необходимо получить значения трудоемкости алгоритма. Трудоемкость алгоритма определена путем измерения длительности выполнения алгоритма в тактах, при условии, что один такт соответствует одной команде (операции). Измерения получены с использованием физической модели. Зависимость трудоемкости алгоритма полезной нагрузки от номера итерации отражена на графике (рис. 2).

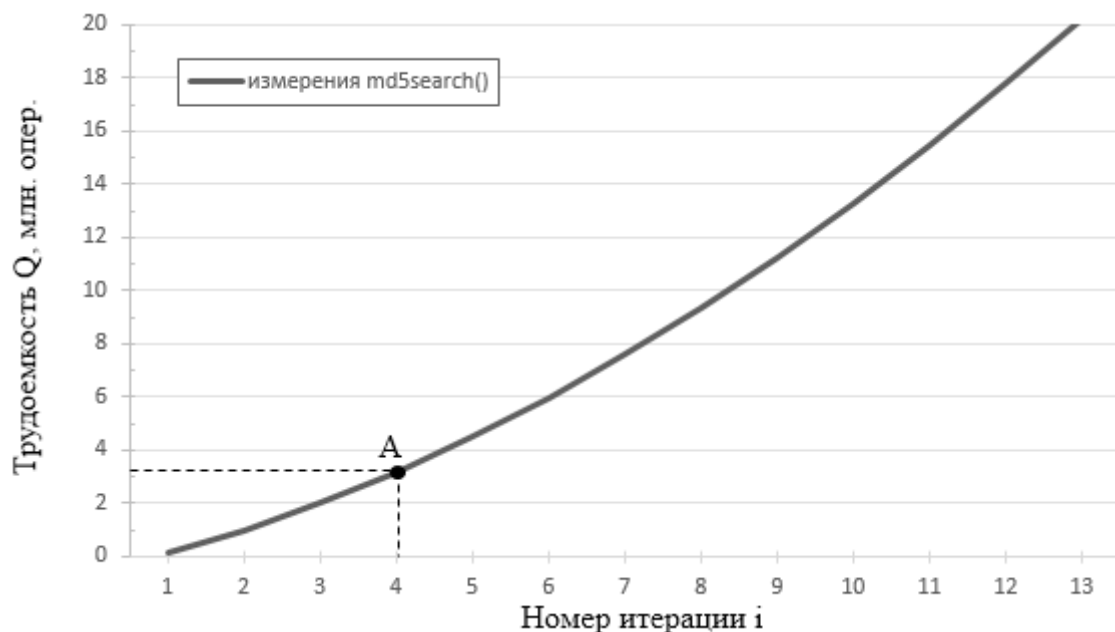


Рисунок 2 – Трудоемкость алгоритма

В результате исследования математической и физической моделей было определено время выполнения алгоритма полезной нагрузки локально и удаленно, с учетом времени передачи данных. Зависимости времени выполнения алгоритмов полезной нагрузки, с учетом времени передачи данных, от номера итерации (трудоемкости алгоритма) отражены на графике (рис. 3), отклики математической модели отображены пунктиром. Графики, отражающие время выполнения алгоритма полезной нагрузки локально и удаленно, пересекаются в точке А.

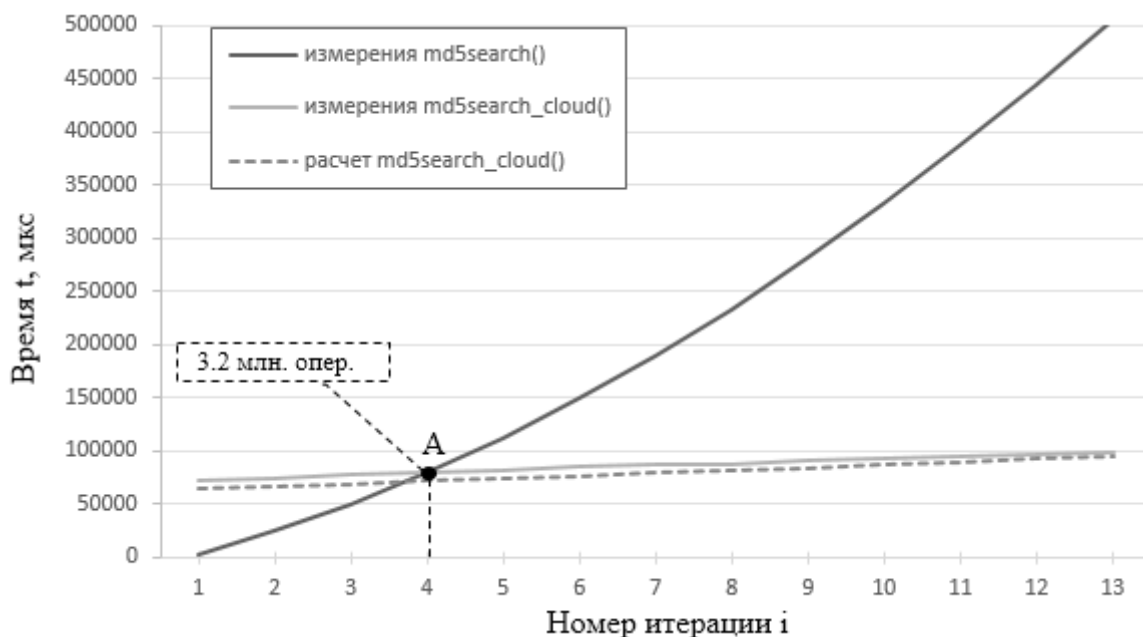


Рисунок 3 – Время выполнения алгоритмов полезной нагрузки

В результате моделирования удалось определить, что для данной конфигурации аппаратных средств имеет смысл вынести в облако функции с трудоемкостью более 3,2 млн. операций.

### Выводы

На основе математической модели разработана физическая модель, получены данные моделирования, проведен анализ процесса использования облачных функций в системах реального времени. Для использованной конфигурации аппаратных средств определена граница эффективности вынесения функций в облако.

### Литература

1. Климентьев К. Е. Системы реального времени: обзорный курс лекций / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2008. 45 с.
2. Оценка трудоемкости алгоритма / URL: [http://life-prog.ru/1\\_56130\\_otsenka-trudoemkosti-algoritma.html](http://life-prog.ru/1_56130_otsenka-trudoemkosti-algoritma.html) (дата обращения: 12.04.2018)
3. Востриков А. А., Балонин Н. А., Сергеев А. М. Внутриплатные интерфейсы встраиваемых систем: Учеб. пособие / СПбГУАП. СПб., 2012.
4. Федоров А. Н. и Мартынов Д. В. Windows Azure: Облачная платформа Microsoft, М., 2010. - 100 с.
5. Malcheva R., Naaem H. Development of the Data Transferring System Using SoC // European Scientific Journal. 2014. Т. 10. № 7. PP. 168-172.
6. 16-битные микроконтроллеры Microchip / URL: [http://www.pic24.ru/doku.php/articles/mchp/16\\_bit\\_mcu](http://www.pic24.ru/doku.php/articles/mchp/16_bit_mcu) (дата обращения: 12.04.2018)

УДК 004.92

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА РАСПРЕДЕЛЕННОГО СИМУЛЯТОРА ТЯЖЕЛОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ТЕХНИКИ

**Койбаш А. А., Завадская Т. В., Кривошеев С. В.**

Донецкий национальный технический университет

кафедра компьютерной инженерии

E-mail: [alexandr.koybash@gmail.com](mailto:alexandr.koybash@gmail.com)

### **Аннотация:**

**Койбаш А. А., Завадская Т. В., Кривошеев С. В. Прогнозирование траектории движения подвижного объекта распределенного симулятора тяжелой инженерной техники.** Выполнен анализ алгоритма поиска кратчайшего пути  $A^*$  для подвижных объектов, определены узкие места алгоритма и найдены пути оптимизации. Проведён анализ многопоточной реализации алгоритма на GPU с использованием технологии CUDA для прогнозирования поведения.

### **Annotation:**

**Koibash A. A., Zavadskaya T. V., Krivosheyev S. V. The prediction of moving object trajectory of the heavy engineering vehicle distributed simulator.** The algorithm  $A^*$  for finding the shortest path has been analyzed for moving objects, algorithm bottlenecks have been identified and optimization ways have been found. Analysis of the multithreaded algorithm implementation has been carried out on GPU using CUDA technology for prediction the behavior.

Использование инженерной техники в таких отраслях, как сельское хозяйство, строительство, космонавтика и т. д., благодаря развитию современной науки позволяет значительно обезопасить труд человека и добиться оптимальных конечных результатов этого труда. Достижения в информационных технологиях и современное аппаратное обеспечение дают возможность оптимизации вычислений маршрута передвижения инженерной техники в точку ее использования, что даст огромный выигрыш по времени и затратам топлива, смягчая человеческий фактор.

Для построения кратчайшего маршрута используется алгоритм  $A^*$ . Этот алгоритм представляет собой оптимизацию алгоритма Дейкстры, эффективно используя эвристику.  $A^*$  реализуется следующими шагами [1]:

1. Обозначаются два типа вершин: открытые и закрытые. Открытые вершины ожидают рассмотрения и располагаются в открытом списке. Рассмотренные вершины помечаются как закрытые. При старте алгоритма начальная вершина помечается закрытой.

2. Для каждой соседней вершины производится расчет  $F = G + H$ , где  $G$  – стоимость пути от старта, а  $H$  – примерная стоимость передвижения от текущей вершины до финиша (эвристическое приближение).

3. Выбирается вершина с наименьшей стоимостью  $F$ . Если она является финишем, работа алгоритма завершается и сохраняется путь. В остальных случаях эта вершина выбирается текущей, удаляется из открытого списка и помечается закрытой.

4. Для каждой из соседних точек производятся следующие действия:

а) если соседняя клетка уже рассмотрена (закрыта), то она пропускается;

б) если соседней клетки нет в открытом списке, для неё рассчитываются  $F$ ,  $G$ ,  $H$ ; текущая клетка помечается для соседней как родительская, соседняя клетка добавляется в открытый список;

в) если соседняя клетка уже находится в открытом списке, то проверяется, не дешевле ли путь через эту клетку. Для этого производится поиск вершины в открытом списке, и рассчитанная стоимость  $G$  сравнивается с аналогичной стоимостью в списке.

Если рассчитанная стоимость меньше, то родитель клетки меняется на текущую клетку и для неё пересчитываются стоимости  $G$  и  $F$ .

5. Если открытый список пуст, а цели нет, то это означает, что маршрута до цели не существует.

Из этого следует, что алгоритм  $A^*$  имеет два узких места, на которых происходит сильное падение производительности:

- поиск вершины с минимальным параметром  $F$  в открытом списке (пункт 3).
- поиск конкретной вершины в открытом списке по координатам для сравнения параметров  $G$  (пункт 4в).

Поскольку эти участки выполняются циклически, работа алгоритма сильно замедляется. Для ускорения поиска пути необходимо оптимизировать эти узкие места.

В первом случае сложность поиска минимального элемента в массиве (открытом списке) размером в  $N$  элементов является линейной и оценка временной сложности –  $O(N)$ , так как придётся полностью обойти массив. Для решения этой проблемы можно использовать двоичную кучу (сортирующее дерево). Двоичная куча – это полное бинарное дерево, для которого выполняется следующее условие: приоритет каждой вершины больше приоритетов её потомков [2]. Пример такой структуры изображен на рис. 1.

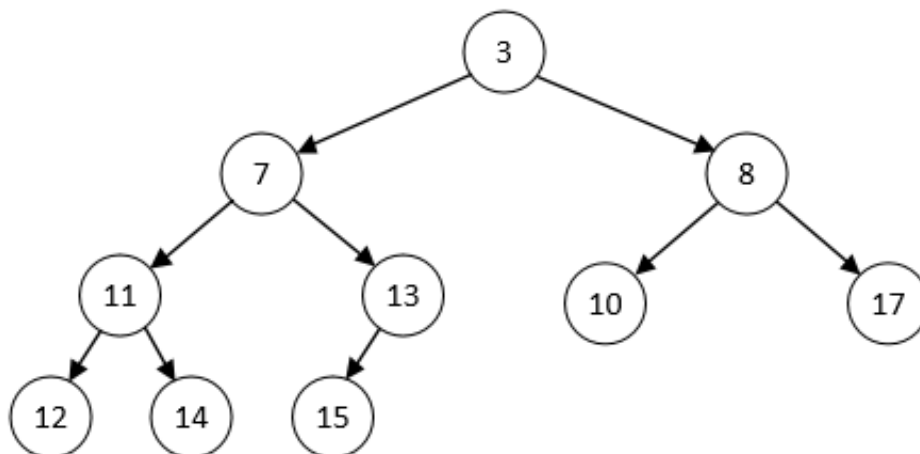


Рисунок 1 – Пример сортирующего дерева с минимальным приоритетом

При добавлении элемент циклически сравнивается с родительским и, если его приоритет больше, то элемент меняется с родительским местами, поднимаясь на уровень вверх. Так происходит до тех пор, пока не будет соблюдено основное свойство двоичной кучи. Сложность такой вставки –  $O(\log(N))$ , так как дерево имеет логарифмическую высоту.

Самым приоритетным элементом является верхний, поэтому поиск минимального составляет одну операцию. Однако согласно алгоритму  $A^*$ , он должен быть удалён. Поэтому на место верхнего элемента подставляется последний и выполняется операция восстановления свойств двоичной кучи, сложность которой также составляет  $O(\log(N))$ .

В CUDA операции *new* и *delete* являются затратными, поэтому удобнее всего хранить двоичную кучу не связанным списком, а в виде одномерного массива. В таком случае корнем дерева будет 0-й элемент, а дочерние будут вычисляться по формулам:  $2*i + 1$  (левый) и  $2*i + 2$  (правый). Пример такого массива приведён на рис. 2.

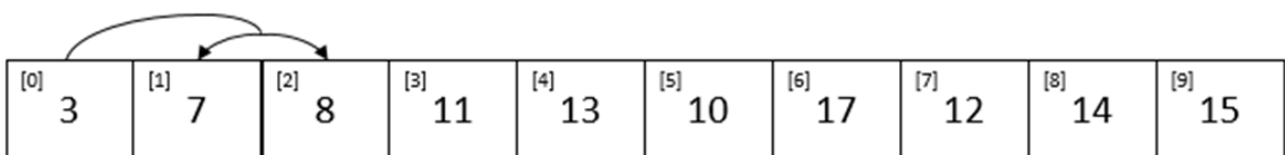


Рисунок 2 – Пример сортирующего дерева на основе массива

Таким образом, открытый список строится на основе двоичной кучи с приоритетом по полю  $F$  вершины. Оценка сложности при добавлении каждой соседней составляет  $O(\log(N))$  в худшем случае. Для изъятия элемента с минимальным  $F$  оценка также составляет  $O(\log(N))$ . Это гораздо быстрее операции полного прохода со сложностью  $O(N)$ . Такая оптимизация показала сильный прирост производительности на больших картах. Для карты на [2048, 2048] клеток время поиска пути при использовании кучи уменьшилось с 18.38 секунды до 6.46 секунд на процессоре Intel Pentium CPU G2020 @ 2.90GHz 2.90GHz.

Во втором случае оценка временной сложности поиска конкретного элемента в худшем случае составляет  $O(N)$ . Элемент находится по совпадению координат  $(x; y)$  вершины. Для использования оптимизирующих структур можно хешировать координаты, что облегчит доступ к элементу. Таким образом, появляются два варианта упрощения доступа: использование красно-черного дерева и использование хеш-таблиц. Каждый вариант имеет свои особенности и разные хеш-функции.

Красно-черное дерево является видом двоичного дерева поиска. Для его вершин выполняются те же условия: каждая вершина больше левого потомка и меньше правого. Однако если обычное дерево поиска в худшем случае может разрастись только в одну сторону, то красно-черное является самобалансирующимся. Для этого узлы окрашены в красные и черные цвета [2]. Пример такого дерева показан на рис. 3.

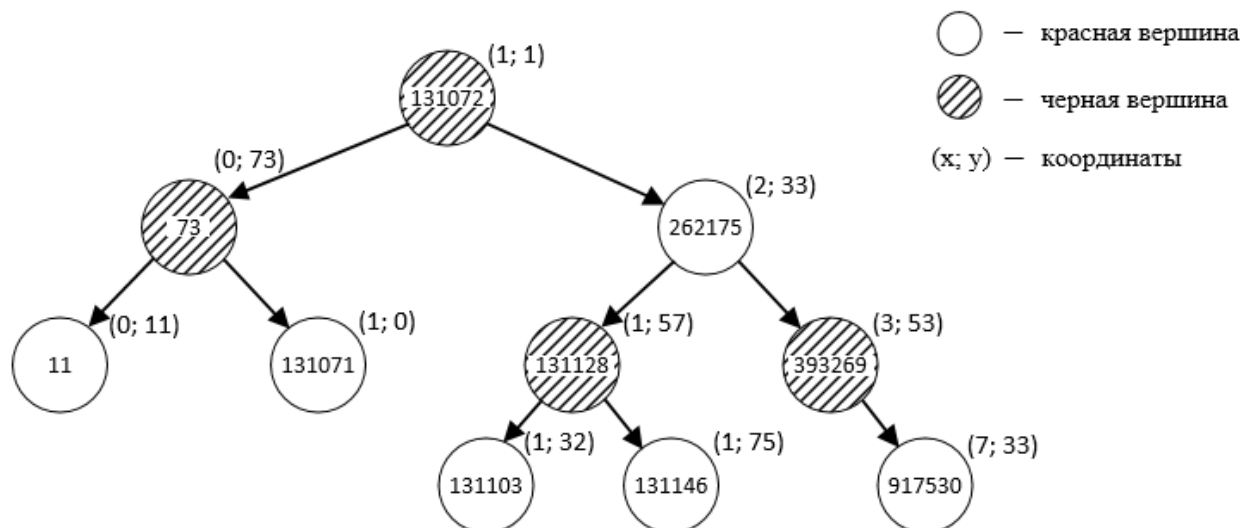


Рисунок 3 – Пример красно-черного дерева

В качестве значений узлов выступает хеш-код. Совпадения хеш-значений при разных входных данных называются коллизиями. В данном случае в качестве хеш-функции можно выбрать формулу вида  $131071 * x + y$ , которая при  $x \in [0, 2047]$ ,  $y \in [0, 2047]$  не будет давать коллизий. При поиске по координатам вычисляется хеш-значение и начинается обход дерева. Временная сложность поиска оценивается в  $O(\log(N))$ , сложность вставки – так же  $O(\log(N))$ .

Хеш-таблица – это специальная структура данных для хранения пар (ключ, значение). В среднем все три операции (вставка, поиск и удаление) выполняются за время  $O(1)$  [2]. Хеш-таблица содержит некоторый массив  $H$ . Хеш-значение  $i = hash(key)$  является индексом массива  $H$  и соответствующий объект хранится в ячейке  $H[i]$ .

Карта [2048, 2048] может содержать максимум 4 194 304 вершины. Соответственно, необходим баланс между допустимым количеством коллизий и затратами памяти. В качестве хеш-функции можно взять формулу  $k * x \oplus y$ , где  $k$  – степень двойки. Данная функция с использованием XOR обеспечивает хорошее распределение. Максимальное количество совпадений хеш-значений для разных координат вычисляется как  $\lfloor 2047/k \rfloor$ , при  $x \in [0, 2047]$ ,  $y \in [0, 2047]$ . В таком случае, нужна таблица размером  $k * 2048$  ячеек.



В данном случае коллизии удобно разрешать методом цепочек. Тогда каждая ячейка таблицы будет хранить две ссылки: ссылку на соответствующую вершину в двоичной куче и ссылку на следующий элемент. Каждая ссылка при 32-разрядной адресации занимает в памяти 4 байта. Весь массив занимает в памяти  $2 \cdot 4 \cdot (k \cdot 2048) = 16\,384 \cdot k$  байт. Пример такой таблицы изображен на рис. 4.

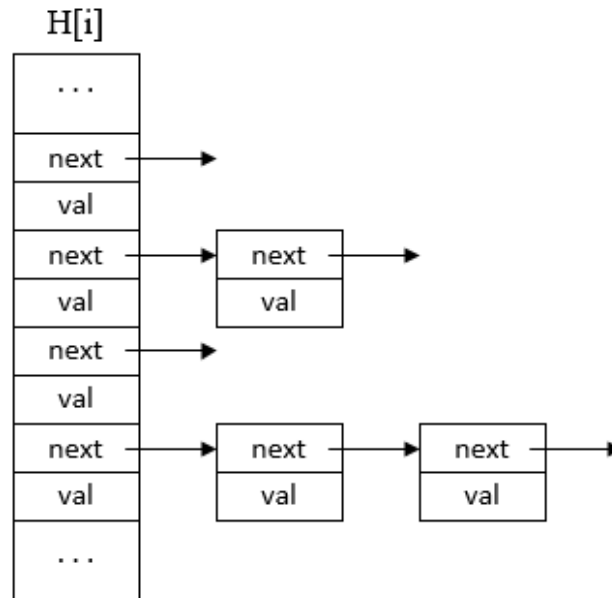


Рисунок 4 – Пример хеш-таблицы

При выборе  $k$  необходимо учесть следующее. Большие значения  $k$  приведут к большим затратам памяти и времени, необходимому на выделение памяти. При малых значениях  $k$  эти потери меньше, однако повышается вероятность возникновения коллизий.

При  $k = 64$  максимальное количество совпадений (худший случай) может составлять 31 вершину на одну ячейку. Таблица состоит из 131 072 элементов и занимает в памяти 1 048 576 байт = 1 МБ. Тест показал, что максимальный уровень коллизий не превышает двух (две вершины на одну ячейку) при поиске, направленность которого примерно совпадает с распределением коллизий. Это связано с тем, что алгоритм  $A^*$  удаляет вершины из открытого списка. При других направлениях поиска их количество заметно снижается или вовсе исчезает.

Таким образом, определены две возможные структуры для оптимизации. Количество элементов красно-черного дерева совпадает с количеством элементов двоичной кучи, что даёт большой выигрыш в памяти по сравнению с хеш-таблицей. Однако поддержка дерева более затратная по времени, так как таблица в большинстве случаев предоставит прямой доступ к элементам двоичной кучи. Если учесть, что затраты памяти для хеш-таблицы не являются критичными, её использование является более рациональным с точки зрения быстродействия по сравнению с красно-черным деревом.

Модификация двоичной кучи при помощи таблиц показала серьёзное повышение быстродействия. Для той же карты на [2048, 2048] клеток время поиска пути уменьшилось с 6.46 секунд до 0.285 секунд на процессоре Intel Pentium CPU G2020 @ 2.90GHz 2.90GHz.

Преыдушие исследования показали, что лучшая производительность при распараллеливании поиска пути достигается нахождением сразу нескольких маршрутов [3]. Следовательно, необходим предварительный поиск пути из нескольких точек, куда подвижный объект может попасть через определенный промежуток времени. Единица тяжелой инженерной гусеничной техники может двигаться прямо и назад с различной скоростью, а также менять направление движения, осуществляя повороты на  $45^\circ$  и на  $90^\circ$  [4].

Таким образом, можно определить возможную карту точек, в которые можно переместиться через определенное количество шагов. Пример такой карты изображен на рис. 5.

3	3	3	3	3	3	3
3	2	2	2	2	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	3	2	●	2	3	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	2	2	2	2	3
3	3	3	3	3	3	3

Рисунок 5 – Пример карты точек, в которые может переместиться объект

Использование CUDA предоставит возможность параллельного просчета пути из всех точек на несколько шагов вперед. Затраты памяти на каждый поток составят: 1 МБ для таблиц, 4 МБ для карт [2048, 2048] и порядка 10-20 МБ для открытого списка.

Таким образом, определены узкие места алгоритма A\* и найдены пути ускорения вычисления при минимальных затратах памяти. Для этого открытый список представлен двоичной кучей (сортирующим деревом), модифицированной при помощи хеш-таблицы. Определены возможные направления движения для многопоточного поиска пути.

### Литература

1. Койбаш А. А., Кривошеев С. В. Прогнозирование траектории движения подвижного объекта распределенного симулятора тяжелой инженерной техники. В кн.: Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ – 2016): материалы VII междунар. науч.-техн. конф., Донецк, 2016. / ред. кол. А. Ю. Харитонов и др. Донецк: ДонНТУ, 2016. С. 343–346.
2. Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. Алгоритмы: построение и анализ – 2-е изд. – М.: «Вильямс», 2013. – 1296 с.
3. Кривошеев С. В., Койбаш А. А. Пути снижения времени прогнозирования траектории движения подвижного объекта распределенного симулятора тяжелой инженерной техники. В кн.: Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике: материалы IV междунар. науч.-практ. конф., Азов 2017. / ред. кол. С. В. Жуков и др. Азов: Технологический институт (филиал) ДГТУ, 2017. С. 51–54.
4. Койбаш А. А., Кравченко А. Г. Эффективность использования многоядерных систем для прогнозирования траектории движения подвижного объекта распределенного симулятора тяжелой инженерной техники. В кн.: Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ – 2017): материалы VIII междунар. науч.-техн. конф., Донецк, 2017. / ред. кол. Ю. К. Орлов и др. Донецк: ДонНТУ, 2017. С. 622–625.

УДК 338.24

## ПРОЕКТ СЕТИ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

**Чернильцев А. Г., Бродская А. В.**

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»

E-mail: [nastya\\_brodskaya@mail.ru](mailto:nastya_brodskaya@mail.ru)

### **Аннотация:**

*Чернильцев А. Г., Бродская А. В. Проект сети корпоративного управления в системе обеспечения информационной безопасности оператора мобильной связи. В статье ставится задача спроектировать систему обеспечения информационной безопасности оператора мобильной связи. Рассмотрена система информационную безопасность предприятия, использующего модели корпоративного управления. Определены риски и угрозы, учитываемы при разработке системы информационной безопасности. На основе проведенного исследования даны рекомендации по минимизации рисков.*

### **Annotation:**

*Chernil'tsev A. G., Brodskaya A. V. The project of a network of corporate management in the system of ensuring the information security of the mobile operator. The aim of the article is to design a system for ensuring the information security of the mobile operator. The system of information security of an enterprise using corporate governance models is considered. The risks and threats are taken into account when developing the information security system. On the basis of the study, recommendations for minimizing risks are given.*

**Постановка проблемы.** Проблема обеспечения информационной безопасности является одной из первоначальных при проектировании системы управления предприятием. Модели корпоративного управления лежат в основе корпоративного ведения бизнеса. Основной функцией моделей корпоративного управления является построение системы, которая поможет реализовать задачи, поставленные инвестором и защитить интересы инвесторов. Такая модель состоит из ряда управленческих элементов: советы директоров, механизмы регулирования оплаты труда, штрафов и поощрений, а также методика объявления банкротства. При выборе модели корпоративного управления для конкретного предприятия необходимо основываться на структуре предприятия и его хозяйственно-экономической деятельности.

Корпоративное управление является системой взаимоотношений между акционерами компании и менеджерами компании. Основным механизмом корпоративного управления является обеспечение ответственности на всех уровнях иерархии предприятия.

Формирование моделей, которые представляют на сегодняшний день комбинацию деловой практики, правового обеспечения и норм корпоративной этики и культуры, происходило в течение всего XX века, и их развитие не прекращается и по сей день. Выделяют следующие основные модели корпоративного управления: Американская (аутсайдерская), Германская (инсайдерская), Японская, Семейная модели корпоративного управления. Отмеченные модели актуальны каждая в своем регионе. Каждая из этих национальных моделей формировалась в течение длительного периода времени и отражает специфические национальные условия социально-экономического развития.

### **Изложение основного материала**

Раннее модели корпоративного управления не применялись при разработке системы информационной безопасности, что обуславливает актуальность данного исследования.

Целью данной статьи является разработка системы информационной безопасности оператора мобильной связи на основании корпоративного управления.

Можно выделить следующую задачу: применение модели корпоративного управления для обеспечения информационной безопасности оператора мобильной связи.

В данное время сотовая связь является самой быстрорастущей на рынке из всех услуг связи. Соответственно, именно операторы мобильной связи больше привлекают внимание как инвесторов, так и регулирующих органов.

Услуги связи являются специфичным видом бизнеса. Главная его особенностью заключается в том, что оператор связи не работает, опираясь только на своё собственное оборудование и линии связи, но и вынуждено использовать всю инфраструктуру связи, имеющую многообразие различных собственников. Предприятие данной отрасли не в состоянии заключить договор с каждым оператором, ресурсы которого использует. Поэтому свобода договора в данной области относительно невелика. Отрасль связи подвергается особенно подробному регулированию со стороны государства. В частности, устанавливаются единые правила присоединения сетей связи и пропуска трафика, единые правила эксплуатации средств связи, жёсткие технические требования к оборудованию и т. п. На межгосударственном уровне отрасль связи также регламентирована в большей степени, чем иные отрасли.

Системой корпоративного управления бизнес-процессами оператора мобильной связи является программно-аппаратный комплекс, включающий в себя:

- сетевую инфраструктуру;
- корпоративный центр обработки данных, содержащий мощную вычислительную платформу, надежное хранилище данных и центр печати;
- базовое системное программное обеспечение: операционные системы, системы управления базами данных;
- прикладное программное обеспечение для управления бизнес-процессами, которое включает системы бухучета, системы расчета за услуги связи, технической эксплуатации, системы бизнес-планирования, документооборота, управления кадрами.

Для работы системы управления бизнес-процессами оператора мобильной связи необходимо создание распределенной сетевой инфраструктуры, связывающей все филиалы оператора. При проектировании информационной сети оператора связи необходимо использовать комплексный подход, основывающийся на реализации как можно большего количества корпоративных задач. Кроме того, для реализации механизмов окупаемости капиталовложений, необходимо предусмотреть возможность коммерческой эксплуатации ресурсов информационной сети оператора.

Для оператора мобильной связи является необходимым внедрить типовые решения по автоматизированному управлению такими бизнес-процессами, как: создание единой системы расчетов за услуги связи, систем финансового управления, систем бухучета, документооборота, технического управления сетями и системами связи, обеспечения информационной безопасности.

На рис. 1 представлен проект модели корпоративного управления в системе обеспечения информационной безопасности предприятия с учетом информационных потоков информации, которые могут быть подвержены рискам информационной безопасности.

Для оператора мобильной связи можно выделить следующие риски: риск утечки конфиденциальной информации; риск потери или недоступности важных данных; риск использования неполной или искаженной информации; риск неправомерной скрытой эксплуатации информационно-вычислительных ресурсов (например, при создании бот-сети); риск распространения во внешней среде информации, угрожающей репутации организации.







Далее следует отметить угрозы, связанные с несанкционированным доступом, – это угрозы непосредственного доступа в операционную среду. Данный вид угроз представлен на рис. 1 красным цветом.

Угрозы операционной среды компьютера и нарушения безопасности информации в нем, связаны с доступом:

- к информации и командам базовой системы ввода/вывода (BIOS) с возможностью перехвата управления загрузкой операционной системы и получением прав доверенного пользователя;

- в среду функционирования локальной операционной системы компьютера с возможностью выполнения деструктивных действий путем вызова штатных программ операционной системы или запуска специально разработанных программ, реализующих такие действия;

- в среду функционирования прикладных программ (например, к локальной системе управления базами данных);

- к информации пользователя (файлам, текстовой, аудио- и графической информации, полям и записям в базах данных) и возможностью ее модификации, уничтожения, перемещения, копирования и т. п.

Данный вид угроз по условиям реализации делится на три группы.

Первая группа включает в себя угрозы, реализуемые в ходе загрузки операционной системы. Вторая группа – угрозы, реализуемые после загрузки операционной среды независимо от того, какая прикладная программа запускается пользователем. Наконец, третья группа включает в себя угрозы, реализация которых определяется тем, какая из прикладных программ запускается пользователем, или фактом запуска любой из прикладных программ.

Большинство из этих угроз могут быть реализованы в случае получения нарушителем физического доступа к самому компьютеру или, по крайней мере, к средствам ввода информации в компьютер. В данном случае ценной может стать информация, связанная с базой данных абонентов, поставщиков, отчетами, деловой перепиской, нормативно-право информацией, а также свод показателей.

Неумышленные угрозы безопасности и целостности информации на рис. 1 представлены черным цветом. К таким нарушениям относятся:

- случайные ошибки персонала;

- неверное исполнение программ (затирание данных, блокировка, неэффективное управление совместными ресурсами), связанное с воздействием внешней среды (например, мощное электромагнитное излучение) или сбоями в программе;

- неумышленное заражение программами-вирусами дисков и программ;

- несчастные случаи, стихийных бедствия (нарушение правил противопожарной безопасности, нарушение правил эксплуатации оборудования и т.п.).

Далее следует выделить способы минимизации рисков:

Для обеспечения необходимой защиты от несанкционированных угроз и контроля безопасности можно провести следующие мероприятия:

- определить круг лиц, отвечающих за информационную безопасность, создать нормативные документы, в которых будут описаны действия персонала компании, направленные на предотвращение несанкционированного доступа, а также обеспечить резервные мощности для работы в критической ситуации;

- разработать единые стандарты информационных систем в рамках организации, то есть перейти к единым отчетным формам, а также единым правилам расчета показателей, которые будут применяться во всех программных продуктах компании, используемых для этой цели;



– классифицировать данные по степени конфиденциальности и разграничить права доступа к ним;

– следить за тем, чтобы любые документы, обращающиеся внутри организации, создавались с помощью систем, централизованно установленных на компьютерах. Установка любых других программ должна быть санкционирована, иначе риск сбоев и вирусных атак резко возрастет;

– внедрить средства контроля, позволяющие отслеживать состояние всех корпоративных систем: в случае несанкционированного доступа система должна или автоматически запрещать вход, или сигнализировать об опасности, чтобы персонал мог принять меры;

– разработать и создать систему, позволяющую оперативно восстановить работоспособность ИТ-инфраструктуры при технических сбоях.

Помимо перечисленных мер необходимо подготовиться к последствиям возможных кризисных ситуаций и описать действия компании по выходу из кризиса.

Обязательным условием успешного риск-менеджмента в области информационных технологий является его непрерывность. Поэтому оценка рисков, а также разработка и обновление планов по их минимизации должны производиться с определенной периодичностью, например, раз в квартал. Периодический аудит системы работы с информацией (информационный аудит), проводимый независимыми экспертами, будет дополнительно способствовать минимизации рисков.

### **Выводы**

Операторы мобильной связи являются предприятиями с развитой системой филиалов, подразделений, с развернутой системой корпоративного типа, которая подразумевает наличие инвесторов, акционеров. Такие предприятия имеют огромное хранилище данных с различной информацией от корпоративной до информации об абонентах.

Вся эта информация подвержена утечке и нуждается в защите. Утечка любого вида информации оператора мобильной связи может привести как к материальным потерям, так и к снижению репутации и уровня доверия. Эффективная защита от рассмотренных угроз безопасности и целостности информации может реализоваться только через комплексную управляемую систему обеспечения информационной безопасности. Это совокупность правовых, организационных мероприятий, технических средств, программно-технических методов, организуемых и поддерживаемых для предупреждения разрушения, утечки или модификации защищаемой информации в вычислительной системе.

### **Литература**

1. Афоничкин А. И., Михаленко Д. Г. Модели и методы оценки эффективности организационной структуры системы корпоративного управления // Вестник ВУиТ. 2013. № 1 (27). С. 19-28.

2. Дробышевская Л. Н., Саломатина Е. В. Модели корпоративного управления: мировой опыт и Российская практика// Теория и практика общественного развития. 2011. № 5. С. 267-272.

3. Ильин А. В., Никифорова Е. Н. Исследование моделей корпоративного управления // Известия ОГАУ. 2010. № 28-1. С. 179- 182

4. Исаев И. В. ИТ риски и информационная безопасность // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 7-1. – С. 184-184.

5. Мельников В. П. Информационная безопасность и защита информации / В. П. Мельников, С. А. Клейменов, А. М. Петраков. – М.: Машиностроение, 2011. - 336 с.

УДК 004.624

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЗАЩИЩЕННОЙ АДМИНИСТРАТИВНОЙ ПАНЕЛИ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ HADOOP

**Егоров А. А., Чернышова А. В.**

Донецкий национальный технический университет  
кафедра программной инженерии

E-mail: [yegorov0725@yandex.ru](mailto:yegorov0725@yandex.ru), [alla@donntu.org](mailto:alla@donntu.org)

### **Аннотация:**

*Егоров А. А., Чернышова А. В. Проектирование и разработка защищенной административной панели для распределенной системы Hadoop. В статье описаны основные требования, которыми должна обладать разрабатываемая система. Приведены структуры разрабатываемой административной панели. Выполнен краткий обзор существующей системы. Рассмотрены основные элементы разработки и развертывания разрабатываемого приложения.*

### **Annotation:**

*Yegorov A. A., Chernyshova A. V. Design and development of a protected admin dashboard for a Hadoop distributed system. The article describes the main requirements that the developed system should have. The structure of the administrative dashboard being developed is given. A brief overview of the existing system is provided. The main elements of development and deployment of the developed application are considered.*

### **Введение**

Цель работы: исследование средств защиты информации в облачной инфраструктуре, исследование распределенной системы Hadoop, анализ угроз информационной безопасности в распределенных информационных системах и методы их предотвращения, изучение подхода к разработке распределенных алгоритмов на примере фреймворка Hadoop, закрепление опыта процесса разработки приложения с дальнейшим развертыванием и конфигурированием его в облачной инфраструктуре.

Актуальность работы: распределенные системы, как таковые, не имеют изначально встроенной защиты данных, соответственно необходимо приложение, которое будет использовать возможности распределенной системы и поддерживать ряд мер по обеспечению безопасности в облаке.

На сегодняшний день наибольшей популярностью пользуются облачные провайдеры (Google Compute Engine, Amazon EC2, Microsoft Azure), предоставляющие услуги выделенного виртуального сервера. То есть вместо создания собственной вычислительной инфраструктуры быстрее и выгоднее использовать услуги облачных провайдеров. Пользователям облачных сервисов неизвестно как организована сеть, и каким образом производится выделение вычислительных ресурсов у облачных провайдеров. Соответственно конфиденциальные данные, которые хранит и обрабатывает распределенная система в облаке, могут быть украдены, искажены или удалены как обслуживающим персоналом, так и другими пользователями, использующими ресурсы данного провайдера. Это требует предпринять ряд решений и мер по обеспечению многоуровневой защиты пользовательских данных.

Исходя из этого, необходимо создать систему (административную панель управления), которая будет иметь возможность сохранять файлы, папки и обеспечивать дополнительную защиту в виде шифрования хранящихся файлов по требованию пользователя. Также административная панель должна поддерживать разграничение прав доступа к файлам, создание/редактирование/удаление скриптов для MapReduce-задач,

запуск/остановку MapReduce-задач. Для обеспечения надежной защиты в разрабатываемой системе должно быть реализовано логирование и мониторинг основных пользовательских действий (например, доступ на чтение файла), которые он производит.

При развертывании системы в производственном окружении необходимо, чтобы корректно был настроен межсетевой экран и доступ к веб-интерфейсу осуществлялся по протоколу HTTPS.

### Анализ существующей системы HUE

Hadoop ежегодно совершенствуется и для него разрабатывается множество компонентов, в результате этого пользователи нуждались в инструменте для управления этими компонентами. Для этой цели был создан HUE.

HUE (Hadoop User Experience, «пользовательский опыт использования Hadoop») – графический веб-интерфейс для анализа больших данных на кластере Hadoop. Это открытый проект, который принадлежит компании Cloudera и распространяется под лицензией Apache [1]. HUE имеет ряд таких особенностей:

- панель инструментов – служит для наглядного и интерактивного представления данных;
- редактор файлов – позволяет легко и быстро создавать или редактировать SQL-подобные скрипты прямо в веб-браузере;
- обозреватель – необходим для просмотра задач, скриптов, каталогов и файлов простым и доступным для каждого пользователя способом.
- планировщик задач – необходим для планирования и автоматического запуска рабочих процессов. Имеет доступный интерфейс, который позволяет просматривать прогресс задачи, приостанавливать и полностью останавливать выбранные задачи [2].

На рис. 1 показана архитектура HUE, в которой HUE Server является контейнерным приложением и располагается между компонентами Hadoop и браузером. Более подробный обзор использования Hadoop Cloudera (в том числе и HUE) представлен в статье «Исследование инструментов распределенной системы Hadoop» [4].

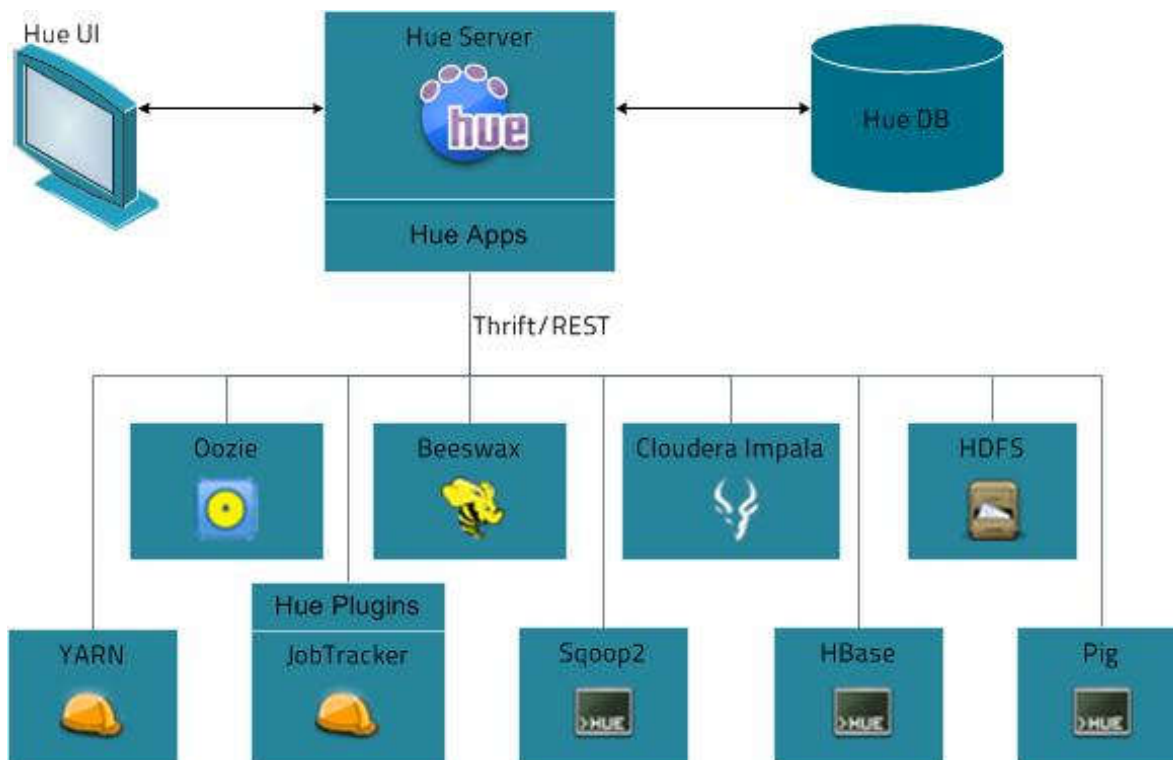


Рисунок 1 – Архитектура HUE [3]

### Описание структуры разрабатываемой системы

При разработке системы прежде всего необходимо определить требования к программе. На рис. 2 показана диаграмма использования разрабатываемой системы.

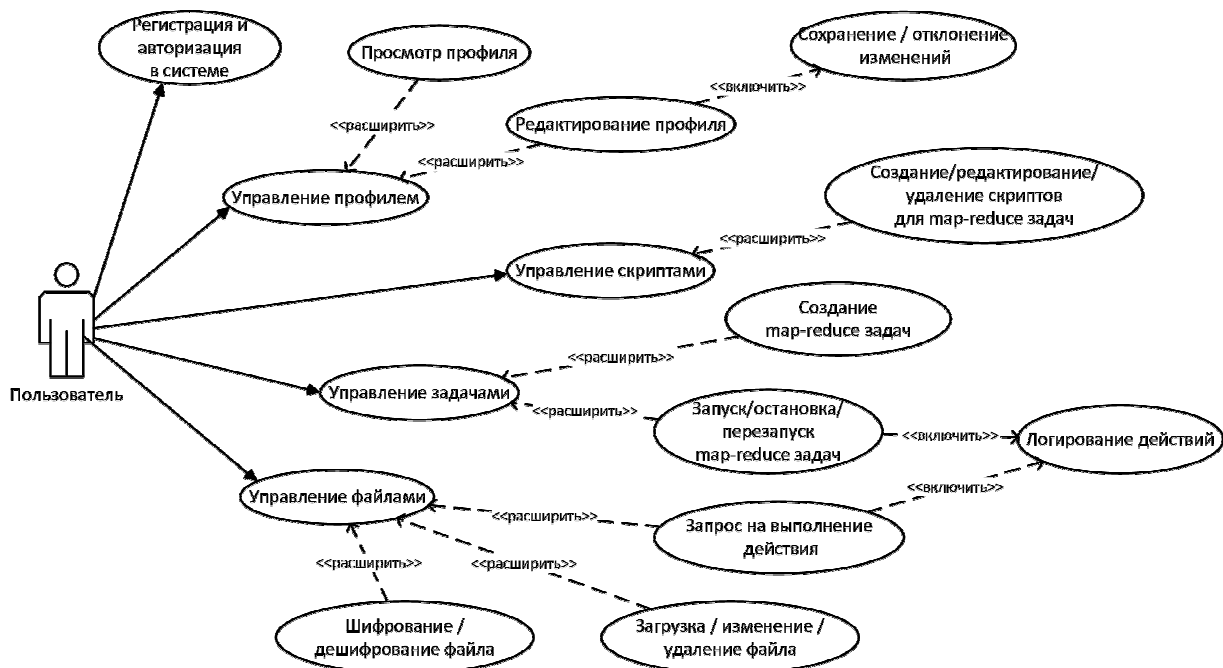


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования (Uses Case) разрабатываемой системы

Архитектура разрабатываемой системы представлена на рис. 3. В ней показано, что пользователь взаимодействует через административную панель. В базе данных хранится информация о пользователях (логин, e-mail, хеш-пароля и т. д.), файлах (их реальное расположение на серверах HDFS и другая метаинформация) и т. д. Разрабатываемая система является посредником между пользователями системы и сервисами Hadoop. Одна из основных обязанностей разрабатываемой системы – это логирование действий, которые выполняет пользователь.

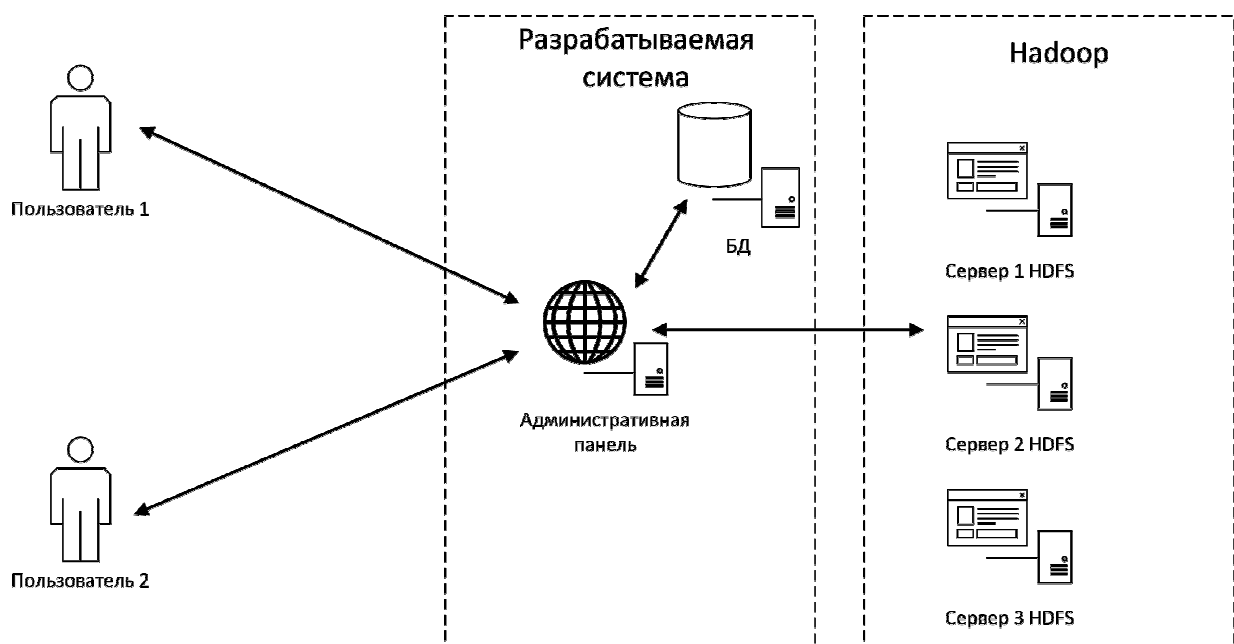


Рисунок 3 – Архитектура разрабатываемой системы



Схема базы данных разрабатываемой системы показана на рис. 4. База данных содержит следующие основные таблицы:

- users (пользователи) – содержит данные о имеющихся пользователях в системе;
- scripts (скрипты) – содержит исходный код MapReduce-задачи и метаданные кода;
- tasks (задачи) – представляет сущность MapReduce-задачи в системе;
- documents (документы) – представляет файловые сущности (каталоги, регулярные файлы) в системы;
- encryptors (шифровальщики) – содержит данные об используемом алгоритме шифрования (AES, Camellia и т. д.) и хешированный пароль с «солью», которым зашифрован файл;
- document\_permissions (разрешения на документ) – содержит данные о разрешаемом действии, которое может совершить пользователь для указанного документа (файла, папки).

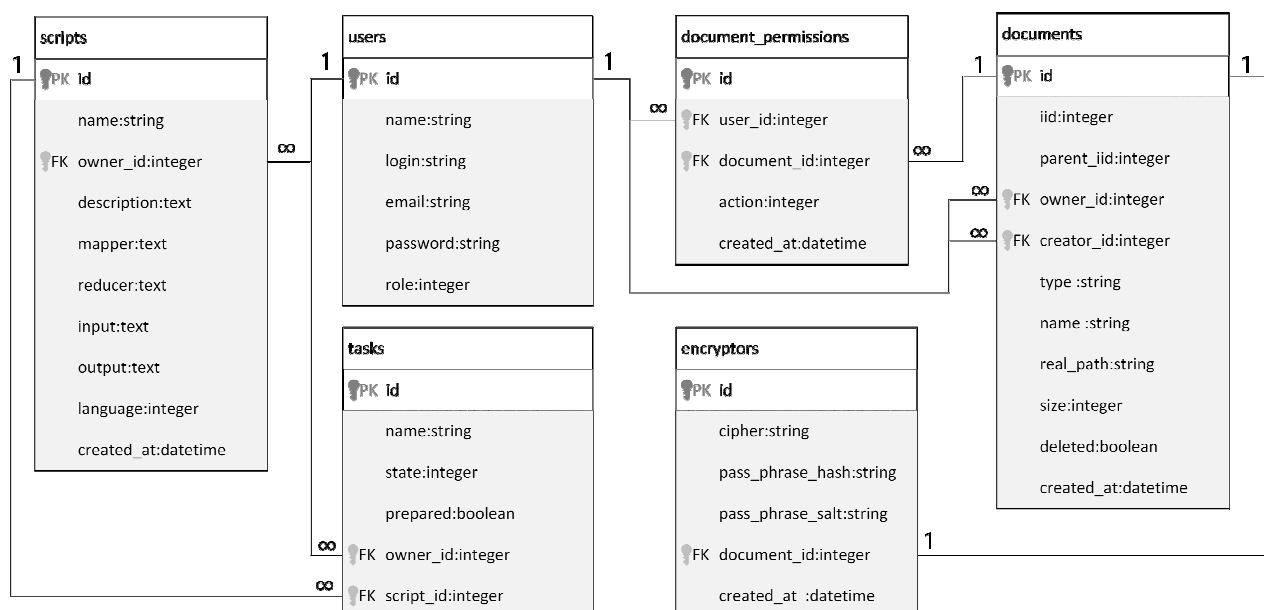


Рисунок 4 – Структура БД (ER-диаграмма) разрабатываемой системы

В системе реализована поддержка семи действий, который может выполнить пользователь, не являющийся владельцем указанного документа. Действия представляются в виде дерева (рис. 5), т. е. если узел дерева содержит дочерние узлы, то они автоматически разрешаются пользователю для выполнения.

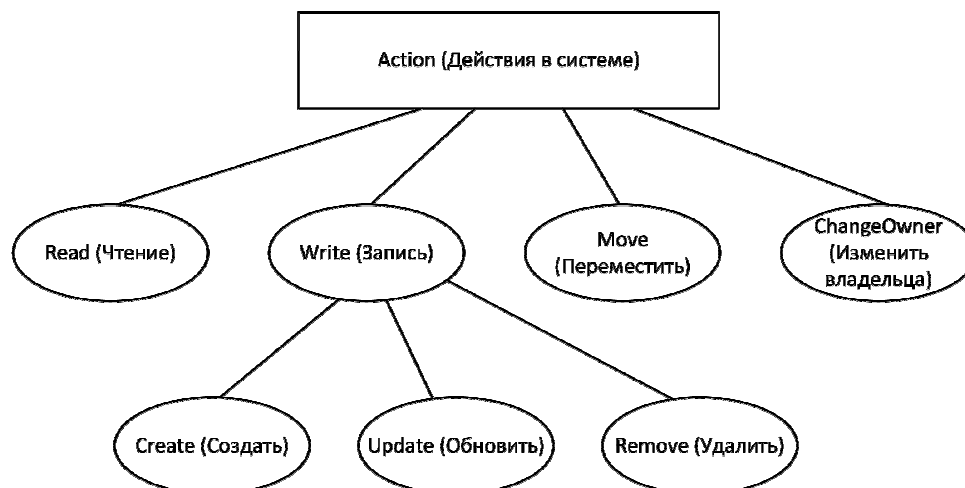


Рисунок 5 – Доступные действия пользователя в разрабатываемой системе

### Разработка и развертывание системы

В качестве основного фреймворка для написания веб-приложения был выбран Ruby On Rails. Он обладает следующими преимуществами:

- написан на простом, ясном и логичном языке Ruby;
- высокая скорость разработки;

– огромное количество вспомогательных библиотек, которые находятся в открытом доступе:

- большое сообщество, в котором можно получить информационную поддержку.

В качестве СУБД была выбрана PostgreSQL, так как предоставляет множество разных возможностей, надежна, имеет хорошие характеристики по производительности и самое главное то, что обладает огромным количеством встроенных типов данных, в т. ч. и JSON.

Для реализации фронтенда в приложении был выбран Webpack – один из самых мощных и гибких инструментов для сборки JavaScript и CSS файлов в единые файлы. В качестве HTML-шаблонизатора был выбран Slim [5], т. к. он имеет легко читаемый и простой для понимания синтаксис. Для быстрого прототипирования HTML-форм был выбран инструмент с открытым исходным кодом для разработки Bootstrap 4.

Для развертывания веб-приложения была использована библиотека Capistrano. Это инструмент с открытым исходным кодом, который позволяет автоматизировать процесс развертывания новой версии приложения (например, просто изменить структуру БД).

Для обеспечения безопасности данных на сервере был включен и сконфигурирован межсетевой экран (Firewall), а именно был заблокирован весь входящий трафик с внешней (публичной) сети, кроме портов HTTP(S) и SSH: 80, 443, 22. В конфигурации SSH-сервера была включена аутентификация пользователя только по публичному ключу (без ввода пароля). Для безопасной передачи данных между пользователем и веб-сервером, на сервере включено принудительное перенаправление на протокол HTTPS, т. е. был получен и настроен SSL-сертификат от Let's Encrypt.

### Выводы

В ходе выполнения работы была спроектирована и реализована административная панель для распределенной системы Nadoor, позволяющая нескольким пользователям использовать совместно ресурсы распределенной системы: загружать/удалять файлы и по необходимости их шифровать/расшифровывать симметричными алгоритмами, создавать скрипты для MapReduce задач и запускать MapReduce-задачи. Система реализована на простом, высокоуровневом, динамическом языке программирования Ruby. При разработке были использованы современные технологии и средства разработки такие как веб-фреймворк Ruby On Rails, СУБД PostgreSQL, NodeJS и др.

### Литература

1. Укрощаем слона или что такое HUE // Хабрахабр. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://habr.com/post/283242/>
2. HUE // gethue. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://gethue.com>
3. About HUE // Bitnine. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://bitnine.net/blog-computing/about-hue>
4. Исследование инструментов распределенной системы Nadoor. А. А. Егоров, А. В. Чернышова, Материалы V Международной научно-технической конференции «Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях» (СИТОНИ-2017). – Донецк: ДонНТУ, 2017, стр. 152-157
5. Slim // slim-lang [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://slim-lang.com/index.html>



УДК 511.2

## РАВНОМЕРНОСТЬ И G-СУММЫ

Айдагулов Р. Р.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

кафедра теоретической информатики

E-mail: [a\\_rust@bk.ru](mailto:a_rust@bk.ru)

### Аннотация:

*Айдагулов Р. Р. Равномерность и g-суммы. Многие задачи связаны с равномерностью распределения данных или значений определенных последовательностей. Обычно равномерность изучается оценкой тригонометрических сумм. Здесь предложен метод оценки g-сумм, непосредственно связанных с понятием равномерности.*

### Annotation:

*Aydagulov R. R. The equability and g-sums. Many problems are related to the equability of the distribution of data or values of certain sequences. Equability is usually studied by estimating trigonometric sums. Here we propose a method for estimating g-sums directly related to the notion of equability.*

### Введение

Многие задачи из разных областей связаны с равномерным распределением исходных данных или исследуемой последовательности. При этом наличие равномерности распределения позволяет ускорить алгоритмы поиска, доказать теоремы в теории чисел. Суть равномерности заключается в том, что данные (последовательность) ведет себя как случайная величина с заданным распределением. Для последовательности  $x_i$   $i = 1, 2, \dots, N$  распределенных в интервале  $(A, B)$  это означает, что в интервал  $(C, D) \subset (A, B)$  попадает  $\frac{D-C}{B-A}N + R$  членов последовательности, где ошибка  $R$  мала по сравнению с  $N$ . Для равномерности по Вейлю  $R = O(N)$ . Такое слабое условие равномерности иногда достаточно, а желательное более строгое условие равномерности:

$$R = O(N^{\frac{1}{2}+s}) \quad (1)$$

требуется во многих задачах, однако доказательства этого существенно сложнее.

Во многих случаях задача о равномерности сводится или формулируется как равномерность распределения дробных долей значений некоторой функции  $x_n = \{f(n)\}$ ,  $n = M - N + 1, \dots, M$ , когда аргумент пробегает целые значения из интервала  $(M - N, M]$ . Пусть  $\Psi(x)$  периодическая (хорошая) интегрируемая функция с периодом 1 и интеграл по периоду равен 0. Тогда равномерность последовательности  $x_n = \{f(n)\}$  означает, что интегральная сумма не большая

$$s = \sum_{n=M-N+1}^M \Psi \psi(x_n) = O(N^{\frac{1}{2}+s}) \quad (2)$$

Можно доказать равномерность исходя из малости таких сумм при всех сдвигах  $\Psi(x_n + b)$  для действительной функции. Обычно для этого используют тригонометрические суммы [1-4], когда  $\Psi(x_n) = \exp(2\pi i f(n)) = e(f(n))$ , называемым в дальнейшем e-суммами. Для них аддитивные сдвиги  $f(n)$  не меняют абсолютную величину суммы. Для установления



равномерности используют малость сумм при всех мультипликативных сдвигах  $kf(n)$ ,  $k = 1, 2, \dots$ . Часто для  $\epsilon$ -сумм можно найти точное значение модуля, например, если вычисляется сумма от мультипликативной функции  $f(n)$  по полному периоду, как в суммах Гаусса. Для общих сумм, когда  $f(n)$  не мультипликативная функция, использование  $\epsilon$ -сумм не дает никаких преимуществ. Для практических целей более удобной является следующая функция:

$$\Psi(x_n) = g(f(n)), g(x) = \left\{x\right\} - \frac{1}{2}, x \neq [x], g(x) = 0, x = [x], \quad (3)$$

Функция  $g(x)$  разрывна в целых точках и принимает при целых  $x$  среднее значение от пределов слева и справа. Она нечетная функция, совпадающая с суммой своего ряда Фурье:

$$g(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{\pi k} \sin(2\pi kx) \quad (4)$$

Если  $f(n)$  целочисленная функция, принимающая все вычеты по модулю  $Q$  одинаковое количество раз в интервале суммирования, то

$$s = \sum_n g\left(\frac{f(n)}{Q}\right) = 0 \quad (5)$$

Это свойство является еще одним аргументом в пользу  $g(x) = 0$  при целых значениях  $x$  в соотношении (3).

### Линейные $g$ -суммы

При оценке  $g$ -сумм общего вида используются аппроксимации линейного типа. Рассмотрим  $g$ -суммы следующего типа:

$$s = \sum_{n=1}^N g(an + b) \quad (6)$$

Наиболее простым случаем является сумма с рациональным наклоном  $a = \frac{P}{Q}$  по периоду  $N = kQ$ . В этом случае сумма вычисляется просто:

$$S = kg(Qb) = \frac{N}{Q} g(Qb) \quad (7)$$

Как видно отсюда, линейная  $g$ -сумма с рациональным наклоном не удовлетворяет условию равномерности и сумма растет по линейному закону при  $g(Qb) \neq 0$ . Рост более быстрый при малых знаменателях. Случай, когда  $Q > N$  рассматривается как случай с иррациональным наклоном. В этом случае задача решается разложением коэффициента наклона в непрерывную дробь [5, 6]:



$$a = q_0 + \frac{1}{q_1 + \frac{1}{q_2 + \frac{1}{q_3 + \dots}}} \quad (8)$$

Обычно в разложении используют следующий алгоритм:

$$a_0 = a, \quad q_i = [a_i], \quad a_{i+1} = \frac{1}{a_i - q_i}, \quad a_i \neq q_i \quad (9)$$

Это приводит к рациональным приближениям:  $\frac{P_0}{Q_0} < \frac{P_2}{Q_2} < \dots < \frac{P_{2k}}{Q_{2k}} < \dots < a < \dots < \frac{P_{2k+1}}{Q_{2k+1}} < \dots < \frac{P_3}{Q_3} < \frac{P_1}{Q_1}$ . Каждое следующее приближение ближе к  $a$ , при этом приближения с четными номерами меньше  $a$ , с нечетными – больше. Сами рациональные дроби находятся из рекуррентных формул:

$$P_{-1} = 1, \quad Q_{-1} = 0, \quad P_0 = q_0, \quad Q_0 = 1, \quad P_i = q_i P_{i-1} + P_{i-2}, \quad Q_i = q_i Q_{i-1} + Q_{i-2} \quad (10)$$

При разложении рационального числа в цепную дробь, последнее частное  $q_i \neq 1$ . При вычислении  $g$ -сумм все рациональные приближения  $\frac{P_i}{Q_i}$  с  $q_i = 1$  или не используются, или используются через одного. В связи с этим в разложении (9) немного изменим формулу вычисления неполного частного  $q_i$ , взяв в качестве  $q_i$  не целое снизу, а ближайшее целое к  $a_i$ . При этом значения  $q_i$  могут быть и отрицательными, но всегда не меньше 2 по модулю. Рациональные дроби из формулы (10) будут те же, но некоторые будут пропущены.

В частности, при разложении числа из золотого сечения  $a = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$  традиционным образом

$$q_0 = 0, \quad q_i = 1, \quad i > 0, \quad \frac{P_i}{Q_i} = \frac{F_i}{F_{i+1}} \quad (11)$$

где  $F_i$  – числа Фибоначчи.

При модифицированном разложении получается:

$$q_0 = 1, \quad q_i = 3(-1)^i, \quad i > 0, \quad \frac{P_i}{Q_i} = \frac{F_{2i+1}}{F_{2i+2}}, \quad (12)$$

т. е.

$$\frac{\sqrt{5}-1}{2} = 0 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{1 + \dots}}} = 1 + \frac{1}{-3 + \frac{1}{3 + \frac{1}{-3 + \dots}}} \quad (13)$$

Для линейной функции с иррациональным или с рациональным знаменателем больше длины суммирования не может быть два целочисленных значения в интервале суммирования. Суммирование от линейной функции может быть заменено  $g$ -суммой от другой линейной функции с рациональным знаменателем, у которой среднее значение совпадает со средним значением исходной. Вычитывая при необходимости целое количество





полупериодов с рациональным наклоном  $Q_k$ , от длины суммирования оставляем не более  $Q_k/2$  (отрицательность длины суммирования как и в интеграле не имеет особого значения при оценке абсолютной величины). Таким образом доказывается следующая теорема.

**Теорема 1.**  $g$ -сумма длины  $N < Q_{k+1}$  не превосходит величины

$$|S| < \frac{1}{8} \left| \sum_{l=1}^k \left( q_l + \frac{1}{q_{l+1}} \right) \right| + \frac{1}{2} \quad (14)$$

### Геометрический смысл $g$ -суммы

Задачи на равномерность распределения дробных долей  $\{f(n)\}$  можно сформулировать как оценку остаточного члена для целых точек под кривой  $y = f(x)$ . Условимся считать, что целые точки на границе области считаются с весом  $1/2$ , а угловые  $f(A), f(B)$  при суммировании в области  $AB \leq n \leq B$ , если они целые, считаются с весом  $1/4$ . Тогда  $g$ -сумму можно представить как разницу  $S_1 - N$ , где  $N$  – количество целых точек под графиком в интервале суммирования;  $S_1 = S - S_2$ , где  $S$  – площадь под графиком,  $S_2$  – сумма площадей между графиком и отсекаемыми хордами:

$$S_2 = \sum_n s(n), \quad s(n) = \# \left\{ n \leq x \leq n+1, f(n) + (x-n) \frac{f(n+1) - f(n)}{1} \leq y \leq f(x) \right\} \quad (15)$$

$S_2$  является ошибкой вычисления площади интегральной суммой по методу трапеции.

Например, количество целых точек  $N$  в круге  $x^2 + y^2 \leq R^2$  используя симметрию запишется в виде:

$$\pi R^2 - N = 8 \left( \sum_{x=0}^{\left[ \frac{R}{\sqrt{2}} \right]} g(\sqrt{R^2 - x^2}) + \theta \right), \quad |\theta| < 1 \quad (16)$$

Ошибка  $\theta$  появляется за счет коррекции функции  $g$  в точке  $\left[ \frac{R}{\sqrt{2}} \right]$  (учет небольшой площади в конце луча  $x = y$ ) и ошибки вычисления площади интегральной суммой по методу трапеции. Гаусс оценил ошибку, выражаемой  $g$ -суммой как  $O(R)$ , что тривиально вследствие  $|g(x)| < 1/2$ , следовательно ошибка не превосходит  $2\sqrt{2}R$ . Достаточно простая оценка  $g$ -суммы имеет вид  $O(R^{\frac{2}{3}} \log(R))$ .

Простыми методами анализа не удастся улучшить эту оценку. Если вместо круга брали бы не выпуклую фигуру с гладкой границей, имеющей простую точку перегиба, то около точки перегиба  $g$ -сумма дала бы вклад  $O(R^{\frac{2}{3}})$ , если бы производная в этой точке имела рациональное или хорошо приближаемое лиувиллево значение. Поэтому, в дальнейшем проверку на равномерность рассмотрим только в случае дважды непрерывно дифференцируемых выпуклых ( $f''(x) > 0$ ) или вогнутых ( $f''(x) < 0$ ) функций. В области монотонности существует обратная функция и

$$\varphi''(y) = \frac{-f''(x)}{f'(x)^3} \quad (17)$$



Знаки второй производной совпадают, если функция убывающая. Так как  $g$ -сумма не меняется при вычете целочисленной функции, можно вместо функции  $f(x)$  использовать  $f(x) - kx$ , так чтобы она стала убывающей.

Определим теперь опорные точки и опорные хорды по следующему алгоритму. Пусть  $f''(x) > 0$ . Вогнутый случай рассматривается аналогично и отличается только тем, что опорные точки определяются ниже графика.

Проводим касательную к графику выпуклой функции. Весь график находится выше касательной. Касательную поднимаем параллельно до тех пор, пока она не пройдет через целую точку выше графика или через целую точку на графике. Полученная целая точка является опорной точкой.

Поднятая касательная могла пройти одновременно через несколько целых точек выше графика. Тогда все эти точки опорные и они образуют опорную хорду. Иначе, поворачиваем прямую против часовой стрелки вокруг опорной точки, пока она не пройдет еще через какую-нибудь целочисленную точку выше графика. Так получим следующие опорные точки справа и передвигаемся на самую дальнюю справа опорную точку. Опорные точки слева получаются поворотом по часовой стрелке.

Имеет место следующая теорема о геометрическом смысле  $g$ -суммы.

**Теорема 2.**  $g$ -сумма равна  $S - S_2$ , где  $S$  – площадь между графиком и опорными хордами в интервале суммирования, а  $S_2$  – площадь отсекаемая от графика при вычислении интегральной суммы по методу трапеции, задаваемая формулой (15).

Отметим, что опорные точки и график для обратной функции остается тем же. Однако, при этом меняется отсекаемая площадь  $S_2$ . Обычно она малая (в пределах допустимой ошибки).

При вычислении  $g$ -суммы можно перейти к другим координатам, связанным модулярными преобразованиями:

$$z = P_1x + Q_1y, \quad t = P_2x + Q_2y, \quad P_1Q_2 - P_2Q_1 = 1 \quad (18)$$

Обратное преобразование также модулярно:

$$x = Q_2z - Q_1t, \quad y = P_1t - P_2z \quad (19)$$

Эти преобразования сохраняют прямые, площади и целые точки. Если указанные коэффициенты небольшие, то и новая отсекаемая площадь  $S_2$  останется в пределах допустимой ошибки.

Почти инвариантность  $g$ -суммы относительно модулярной группы может быть получено из двух базовых операций.

1. Из универсального свойства сдвига на целочисленную функцию, которая работает и для  $e$ -сумм и общих  $\Psi$  сумм.

2. Здесь основным является почти инвариантность при переходе к обратной функции, т. е. при замене переменных  $x, y$  местами. Это свойство не выполняется для других сумм, в частности для  $e$ -сумм.

Почти инвариантность относительно модулярных преобразований следует из них как разложение в непрерывную дробь. Вычитаем целочисленную линейную функцию так, чтобы производная была в интервале  $(0, 1)$ . Переходим к обратной функции, при этом производная станет обратной к этому как и при обращении остатка в разложении в непрерывную дробь. Опять вычитаем целочисленную линейную функцию, переходим к обратной и т. д. Это приводит к модулярному преобразованию переменных (18). При этом остается оценить погрешности вычисления в виде площадей  $S_2$ .



В задачах оценки ошибки в выражении числа целых точек через площадь максимальные ошибки, выражаемые через  $g$ -суммы, появляются в окрестностях, где производная обращается в бесконечность или целочисленному значению. Последнее с учетом вычета целочисленной линейной функции сводится к окрестности экстремальной точки, а первые в окрестности экстремали для обратной функции. Достаточно большие накопления  $g$ -сумм появляются и около точек, где производная имеет рациональное значение с малым знаменателем. Оценку  $g$ -суммы будем вычислять между соседними рациональными наклонами из ряда Фаррея. Два рациональных числа  $\frac{P_1}{Q_1}, \frac{P_2}{Q_2}$  (знаменатели всегда натуральные  $\geq 1$ ) называются соседними, если между ними нет дроби со знаменателем меньше, чем сумма их знаменателей. В этом случае выполняется  $|P_1Q_2 - P_2Q_1| = 1$  и дробь с минимальным знаменателем, находящийся между ними, является их медиантой  $\frac{P_1 + P_2}{Q_1 + Q_2}$ .

Вообще, все дроби между ними имеют вид [7]:

$$\frac{mP_1 + nP_2}{mQ_1 + nQ_2} \quad (20)$$

Если  $\frac{P_1}{Q_1} < \frac{P_2}{Q_2}$ , то дроби из (20) упорядочены как дроби  $\frac{n}{m}$ , причем соседним дробям соответствует соседние из (20). Таким образом, модулярные преобразования осуществляют фрактальное подобие (изоморфизм) между дробями из интервалов  $(0, 1)$  и  $(\frac{P_1}{Q_1} < \frac{P_2}{Q_2})$ .

Эти методы являются основными при оценке нелинейных  $g$ -сумм.

### Нелинейные $g$ -суммы

Нелинейные  $g$ -суммы около экстремали оцениваются аппроксимацией графика функции кривой второго порядка (параболой или гиперболой). Аппроксимируя между уровнями функции параболой получается следующая теорема. В связи с вышесказанным, в дальнейшем рассматриваются только дважды непрерывно дифференцируемые выпуклые функции  $f(x)$ .

**Теорема 3.** Пусть  $f(x_*)$  – минимальное значение,  $A = [x_*]$  и

$$\theta = m_0 - f(A), \quad m_0 = [f(A)] + 1, \quad A_m = [f^{(-1)}(m + m_0)], \quad m = 0, 1, \dots \left[ \Lambda^{\frac{2}{3}} \right], \quad \Lambda = \sqrt{\frac{2}{f''(x_*)}}$$

Пусть функция выпукла и растет в интервале  $(A, B)$ ,  $B = A_m$ ,  $m = O(\Lambda^{\frac{2}{3}})$  и  $c = 1 - \theta$ . Тогда  $g$ -сумма равна

$$\Lambda C(c) + o(\Lambda), \quad C(c) = \int_0^{\infty} \frac{g(c + y) dy}{\sqrt{y}} \quad (21)$$

Минимальное значение  $C(0) \approx -0.4965$ , максимальное значение  $C(\frac{1}{2}) \approx 0.0147$ .



Предел суммирования с той же оценкой (21) можно поднять до уровня, когда наклон  $f'(x)$  достигает величины  $\Lambda^{-\frac{1}{3}}$ . Далее используется фрактальное подобие, сказанное выше, для получения общей оценки g-суммы типа  $O(\Lambda \log(\Lambda))$ .

g-суммы обычно оцениваются между значениями  $f(x)$  близкими к целому. Учитывая, что функция  $g(x)$  разрывна в целых значениях аргумента, в некоторых оценках требуется оценить общее количество почти целых значений, когда расстояние до целого не больше  $O(\Lambda^{-1})$ . Доказывается, что их количество  $O(\Lambda)$ .

В этом заключаются основные идеи доказательства равномерности, используя g-суммы.

### Литература

1. Виноградов И. М. Метод тригонометрических сумм в теории чисел. / И. М. Виноградов. – М.: Наука, 1971 г. - 162 с.
2. Виноградов И. М. Особые варианты метода тригонометрических сумм. / И. М. Виноградов. – М.: Наука, 1976 г. - 120 с.
3. Карацуба А. А. Основы аналитической теории чисел. / А. А. Карацуба – М.: Наука, 1975 г. – 183 с.
4. Усольцев Л. П. Новый метод оценки тригонометрических сумм в приложении к задачам аналитической теории чисел / Л. П. Усольцев; М-во образования Рос. Федерации [и др.]. - Самара : Изд-во Самар. науч. центра Рос. акад. наук, 2001. - 228 с. : ил
5. Хинчин А. Я. Цепные дроби. / А. Я. Хинчин – М.: ГИФМЛ, 1960 г. – 112 с.
6. Арнольд В. И. Цепные дроби. М.: МЦНМО, 2009 г. – 40 с.
7. Хассе Г. Лекции по теории чисел. Пер. с немецкого В. Б. Демьянова. Под ред. И. Р. Шафаревича / Г. Хассе – М.: Ин. Лит. 1953 г. – 527 с.

УДК 681.31

## РАЗРАБОТКА МОДИФИКАЦИИ ВОЛНОВОГО МЕТОДА ТРАССИРОВКИ ПЕЧАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Чумаков Э. Е.\*, Струнилин В. Н.\*, Володько Л. П.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет  
кафедра компьютерных наук и технологий

\*\* Полесский государственный университет, г. Пинск, Брестская обл.,  
Республика Беларусь, кафедра высшей математики и информационных технологий  
E-mail: [zerosouler@gmail.com](mailto:zerosouler@gmail.com)

### **Аннотация:**

*Чумаков Э.Е., Струнилин В.Н., Володько Л.П. Разработка модификации волнового метода трассировки печатных соединений. Выполнен обзор алгоритмов трассировки печатных соединений. Разработана модификация волнового метода трассировки печатных соединений.*

### **Annotation:**

*Chumakov E. E., Strunilin V. N., Volodko L. P. Modification development for wave method of printed connections tracing. Overview of printed connections tracing algorithms is shown. Modification development for wave method of printed connections tracing is developed.*

### **Постановка проблемы.**

Трассировкой печатных плат (ПП) – это процесс определения оптимального пути между контактными площадками ПП. В зависимости от технологического процесса производства и назначения разрабатываемого продукта понятие оптимальности пути может отличаться. В зависимости от этих параметров при трассировке соединений используются различные алгоритмы, а в частности – волновой алгоритм (алгоритм Ли) и его модификацию (метод соединения комплексами). Данная модификация предназначена для трассировки соединений между контактными площадками с числом контактных площадок более двух. Её недостатком является значительные временные затраты при выполнении задачи. Разрабатываемая модификация предназначена для улучшения показателя быстродействия при трассировке ПП с любым количеством контактных площадок.

**Анализ литературы.** Проведен анализ существующих методов трассировки печатных соединений (алгоритм Ли и его модификации), определены достоинства и недостатки данных методов [1-3]. Определены критерии оптимизации трассировки.

**Цель статьи** – разработка модификации алгоритма Ли для трассировки любого числа соединений, критерием оптимальности которой будет выступать скорость выполнения задачи трассировки.

### **Решение задачи и результаты исследований.**

Волновой алгоритм (алгоритм Ли) применяется при любой технологии изготовления ПП и представляет собой метод нахождения кратчайшего пути между двумя вершинами на графах. При этом сам граф представлен как сетка с равномерным шагом, либо же матрица, центры ячеек которой являются вершинами графа, а ближайшими к ней считаются ячейки из окрестности Мура (8 ячеек, расположенных рядом с исходной по вертикали, горизонтали и диагоналям). Каждая из вершин графа при этом может являться занятой, свободной или контактной площадкой.



Рассмотрим принцип волнового алгоритма (алгоритма Ли) [1]. Его основой является процедура построения оптимального (по заданным критериям) пути между двумя ячейками матрицы дискретного рабочего поля (ДРП), что равносильно соединению пары контактных площадок проводником. Суть этого процесса заключается в создании числовой волны, используемой для двух целей: поиска необходимой вершины графа (матрицы ДРП) и последующего построения пути. Таким образом, задачу трассировки можно разделить на два основных процесса: распространение числовой волны и проведение трассы между площадками.

Реализация алгоритма Ли продемонстрирована на рис. 1 и показывает все основные этапы реализации метода.

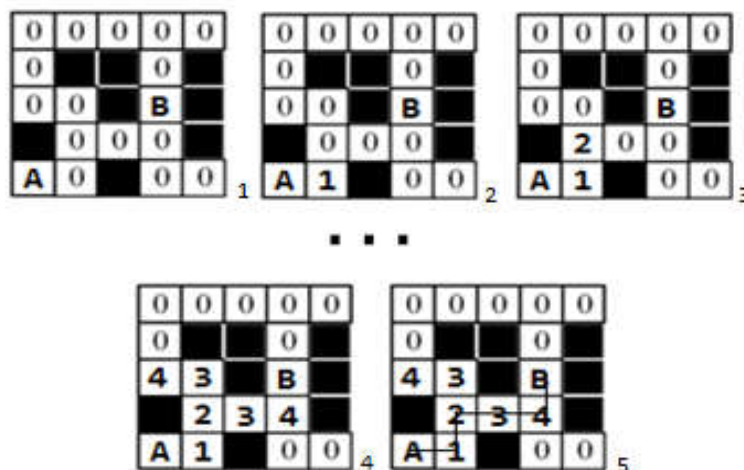


Рисунок 1 – Пример волнового алгоритма трассировки

На первом этапе заранее заданная точка «А», размещенная в свободной ячейке матрицы ДРП выбирается источником числовой волны. Эта ячейка является первой заданной вершиной графа. Далее происходит формирование и распространение волны до тех пор, пока ее фронт не достигнет заранее заданной точки «В», либо же пока в границах матрицы ДРП не останется свободных ячеек. Фронт волны является множеством ячеек  $\Phi_k$  (где  $k = 1, 2, \dots$ ), выбираемых из ближайших свободных ячеек источника. Эти ячейки входят в окрестность Мура и должны быть незанятыми, а также не иметь заранее выставленного значения веса. Это ограничение введено из-за особенности самого поиска ближайших вершин. Так как ближайшими являются вершины из окрестности Мура (8 вершин по диагоналям, горизонтали и вертикали), то в состав доступных ячеек может попадать уже пройденная ячейка. Такая мера позволяет не давать числовой волне распространяться в противоположном вектору движения направлении.

Каждой из этих ячеек присваивается значение веса, рассчитываемого по функции  $P_k = P_{k-1} + \psi(f_1, \dots, f_g)$ , где  $\psi$  является весовой функцией, а  $f$  – функциями критериев определения оптимальности. Процедура выдачи веса ячейкам выполняется для последующего определения оптимального маршрута проведения проводника между двумя контактными площадками. При этом должно выполняться следующее ограничение:  $P_{k-1} \leq P_k$ .

После чего формирование фронта завершается и определяется множество свободных ближайших ячеек для формирования следующего фронта, источником которого будет являться уже созданный фронт.

Соседними в таких алгоритмах считаются ячейки, которые имеют с ячейками предыдущего фронта либо общую сторону, либо хотя бы одну общую точку (для диагональной трассировки). В результате распространения числовой волны последовательно создается множество фронтов  $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_k$ , этот процесс продолжается до нахождения

общей стороны или общей точки с ячейкой «В». При этом, если ячейки фронта  $\Phi_k$  содержат общую сторону или точку с ячейкой «В», то кратчайший путь между «А» и «В» существует. Если этого не происходит, алгоритм завершает свою работу ошибкой, так как построить связь невозможно. Если же общая сторона или точка найдена, то происходит проведение трассы. Двигаясь от «В» к «А» с учетом веса каждой ячейки, при этом вес каждой последующей ячейки пути должен быть на единицу меньше веса предыдущей и соответствовать ограничению  $P_{k-1} \leq P_k$ .

Существующая модификация этого алгоритма для трассировки между несколькими контактными площадками (метод соединения комплексами) использует тот же алгоритм построения фронта волны. Его особенностью является то, что после проведения первого соединения между двумя контактными площадками значения в ячейках матрицы ДРП очищаются и начинается формирование нового фронта, источником которого теперь является не ячейка «А», а целая связь, проведенная между «А» и «В» с этими точками включительно.

Реализация метода соединения комплексами продемонстрирована на рис. 2 и показывает все основные этапы реализации метода.

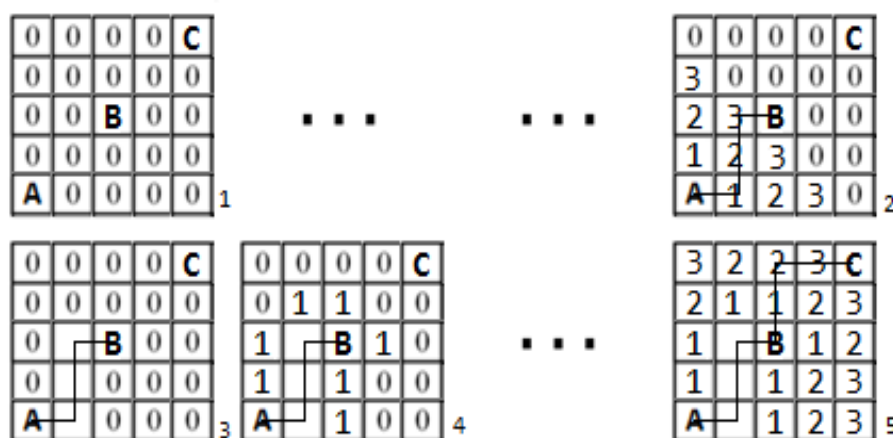


Рисунок 2 – Пример метода соединения комплексами

Данный метод также можно разделить на несколько этапов. Первый этап представляет собой точную копию первого этапа трассировки с использованием волнового алгоритма. При этом распространяя числовую волну до первой найденной точки («В»). После этого проводится связь с учетом веса каждой ячейки пути по функции  $P_k = P_{k-1} + \psi(f_1, \dots, f_g)$ . Второй этап представляет собой принятие за источник числовой волны всю проведенную ранее трассу. Это множество ячеек матрицы ДРП на следующем шаге используется для формирования фронта волны. Формирование новых фронтов продолжается до нахождения следующей контактной площадки «С», либо до заполнения цифровой волной последней доступной ячейки матрицы. После чего проводится линия связи между существующим источником волны и найденной контактной площадкой. Этот этап повторяется до нахождения последней контактной площадки или выявления их отсутствия.

Принимая за источник всю проведенную ранее трассу, метод соединения комплексами решает проблему поиска оптимального маршрута и уменьшения количества занимаемых проводником ячеек матрицы. Это позволяет сократить объем используемой памяти и свести к минимуму длину проводимых связей. Недостатком этой модификации являются значительные временные затраты, причиной которых является процесс очистки матрицы и создания новых фронтов при нахождении каждой последующей точки.

В отличие от метода соединения комплексами, в разрабатываемом алгоритме критерием оптимальности принята скорость трассировки, что позволяет разрабатывать

модификацию алгоритма исходя из одного критерия (с упором на быстрдействие взамен на снижение таких показателей оптимальности как «длина используемых проводников» и «объем выделяемой для работы памяти»). За основу модификации взят алгоритм Ли, причем механизм формирования фронтов и проведения трассы между контактными площадками остается неизменным, но после проведения соединения между площадками алгоритм продолжает свою работу создавая последующие фронты. Найденная ячейка «В» после проведения связи с ячейкой «А» становится частью сформированного фронта. Далее процесс формирования фронтов продолжается до нахождения следующей ячейки контактной площадки, затем происходит построение пути к ближайшему проводнику, размещенному на ПП на предыдущих шагах. При этом вес следующей ячейки пути также, как и в алгоритме Ли должен быть на единицу меньше предыдущей. Но поиск пути происходит не до достижения ячейки, у которой есть общая сторона или точка с ячейкой «А», а до достижения первой ячейки, смежной с проводниками, размещенными ранее. Эта часть работы алгоритма схожа с методом соединения комплексами, поэтому сравнение разрабатываемой модификации с ним целесообразно.

Реализация разрабатываемого модифицированного волнового алгоритма продемонстрирована на рис. 3 и показывает все основные этапы реализации метода.

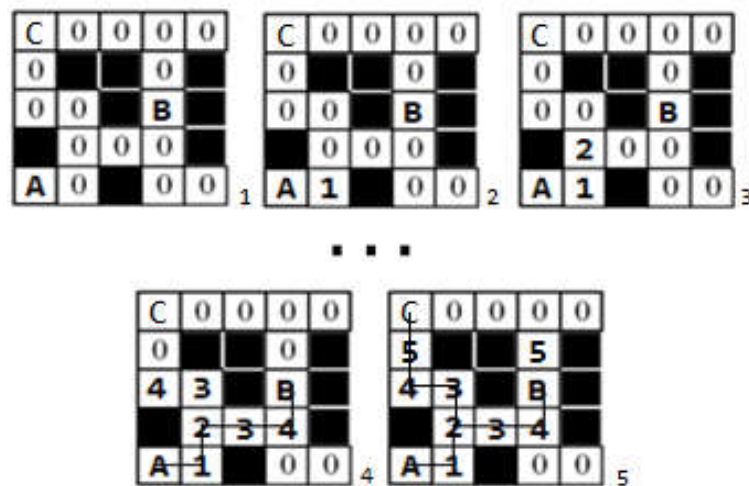


Рисунок 3 – Пример модифицированного волнового алгоритма

Алгоритм разработанной модификации описан ниже по пунктам.

1. Контактной площадке, признанной начально присваивается значение веса, равное 0.
2. Из окрестности Мура выбираются точки, которые являются не занятыми для формирования фронта числовой волны  $\Phi_k$  (где  $k = 1, 2, \dots$ ).
3. Каждой из этих ячеек присваивается значение веса, рассчитываемого по функции  $P_k = P_{k-1} + \psi(f_1, \dots, f_g)$ , где  $\psi$  является весовой функцией, а  $f$  – критериями определения оптимальности.
4. Из окрестности Мура (ячейки, которые имеют с ячейками предыдущего фронта либо общую сторону, либо хотя бы одну общую точку) предыдущего фронта выбираются точки, которые являются не занятыми и не имеют веса для формирования фронта следующей числовой волны  $\Phi_k$ . Этот пункт повторяется до нахождения вершины, которая является контактной площадкой. Если такая вершина не найдена, алгоритм заканчивает свою работу. Если такая вершина найдена, переход к пункту 5.
5. Между двумя вершинами, являющимися контактными площадками, проводится связь. Расчет маршрута проводится исходя из значений веса каждой ячейки, при этом должно выполняться следующее ограничение:  $P_{k-1} \leq P_k$ .



6. Найденная вершина, которая является контактной площадкой принимается частью созданного фронта и входит в множество числовой волны  $\Phi_k$ .

7. Из окрестности Мура предыдущего фронта (включая вершину найденной контактной площадки) выбираются точки, которые являются не занятыми и не имеют веса для формирования фронта следующей числовой волны  $\Phi_k$ .

8. Вес найденной вершины принимается равным весу ячеек фронта, в который входит найденная вершина.

9. Переход к пункту 7. Этот пункт повторяется до нахождения вершины, которая является контактной площадкой. Если такая вершина не найдена, алгоритм заканчивает свою работу.

Предложенный алгоритм позволяет при незначительных изменениях в работе исходного волнового алгоритма выполнять трассировку любого количества соединений между любым количеством контактных площадок. В отличие от метода соединения комплексами данная модификация не использует очистку матрицы ДРП, что значительно уменьшает количество требуемых шагов для расчета числовых волн. Это происходит благодаря использованию одной числовой волны и обеспечивает оптимальный критерий быстродействия. По причине отсутствия очистки матрицы ДРП от предыдущих значений, для работы модификации требуется большее количество выделяемой памяти, что является первым его недостатком. Вторым недостатком является недостаточный уровень оптимальности использования занимаемых проводником ячеек матрицы. Так как числовая волна исходит из одной ячейки, а не из всей линии связи (как в методе соединения комплексами), есть вероятность того, что при нахождении следующей контактной площадки будет доступен только неоптимальный по длине маршрут. Причиной этого является ограничение  $P_{k-1} \leq P_k$ , при котором каждый следующий шаг маршрута должен быть проведен по ячейке с весом на единицу меньше ячейки предыдущего шага. При таком алгоритме построения пути проводники на оптимальном расстоянии могут быть проигнорированы.

### Выводы

В зависимости от технологического процесса производства и назначения разрабатываемого продукта и требуемых временных затрат на его проектирование возможны вариации в используемых для работы алгоритмах. Таким образом, данная модификация может найти свое применение в сфере разработки и трассировки ПП.

Преимущество разработанной модификации алгоритма по сравнению с существующими заключается в том, что в данной модификации обеспечена возможность поиска и трассировки любого количества контактных площадок с использованием основных принципов алгоритма Ли. Алгоритм не лишен недостатков и не обеспечивает оптимизации используемой памяти и длины прокладываемого проводника. Но при этом обеспечивает высокую скорость трассировки благодаря меньшему количеству выполняемых операций (в сравнении с методом соединения комплексами) и использованию в вычислениях всего одной числовой волны.

### Литература

1. Автоматизированное проектирование узлов и блоков РЭС средствами современных САПР: Учеб. пособие вузов. Под ред. И. Г. Мироненко. – М., 2002. – 391 с.
2. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств: Учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов / Под ред. О. В. Алексеева. — М., 2000. — 479 с.
3. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.



УДК 338.2

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВЫРАЩИВАНИЯ ПШЕНИЦЫ И ПРОИЗВОДСТВА МУКОМОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Кутафина В. И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

E-mail: [ravlik-snail@rambler.ru](mailto:ravlik-snail@rambler.ru)

### *Аннотация:*

*Кутафина В. И. Разработка системно-аналитического инструментария совершенствования процессов выращивания пшеницы и производства мукомольной продукции. В статье проанализировано текущее положение отрасли производства пшеницы и мукомольной продукции в ДНР, выявлены существующие проблемы, разработана имитационная модель деятельности отрасли, проведена интерпретация результатов моделирования и даны рекомендации по повышению качества производства пшеницы.*

### *Annotation:*

*Kutafina V. Development of system-analytical tools to improve the processes of wheat cultivation and production of flour products. The article analyzes the current situation in the wheat and flour-milling industry of DPR, identifies the existing problems, developed a simulation model for the industry, interpreted the results of the modeling, and provided recommendations for improving the quality of wheat production.*

### **Общая постановка проблемы**

Отрасль производства пшеницы и мукомольной продукции является ведущей в агропромышленном комплексе Донецкой народной республики. Необходимо своевременно и точно прогнозировать спрос на продукцию для последующего эффективного планирования деятельности отрасли. В Донецком регионе достаточно ресурсов для удовлетворения спроса населения на хлеб и животноводческих хозяйств на кормовую пшеницу. Стоит задача оценить возможные объемы экспорта продукции.

### **Исследования**

Хлеб является повседневным продуктом в рационе питания всех людей. Особенно важен этот продукт для бедных слоев населения, так как хлеб является дешевой сытной добавкой к любым блюдам, а нищим может заменять полноценное питание. Именно поэтому в ДНР существует программа «Социальный хлеб», чтобы дать каждому возможность приобрести продукт первой необходимости.

В Донецком регионе есть все условия для выращивания злаковых культур и производства хлебобулочной продукции: большая часть полей пригодна для обработки; имеется достаточное количество зернохранилищ; крупные хлебозаводы и продолжают свою деятельность; в виде гуманитарной помощи получена сельскохозяйственная техника, семена и удобрения для успешного функционирования растениеводческой отрасли.

Регион имеет возможность не только удовлетворить потребности потребителей в пшенице и муке, но и продавать излишки на экспорт. Хлебопекарная промышленность представлена следующими видами субъектов хозяйствования:

- крупные хлебозаводы;
- пекарни сетевых супермаркетов;
- небольшие частные пекарни.

Ведущую роль занимают крупные хлебозаводы. На территории Донецкого региона находится более двенадцати крупных хлебозаводов, производящих хлебную и мучную



кондитерскую продукцию длительного хранения. Большинство из них принадлежат частной компании «Атлант-Донбасс», выпускающей продукцию под торговой маркой «Урожай». Также в супермаркетах и фирменных точках предприятий широко представлена хлебобулочная продукция ТМ «Пампухи», «БКК». Предприятия выпускают широкий ассортимент продукции, насчитывающий более пятидесяти видов.

Производство пшеницы играет ведущую роль в обеспечении населения, а также других отраслей агропромышленного комплекса такими значимыми продуктами, как зерно и мука. Для того, чтобы в полном объеме обеспечить население Донецкого региона мучной продукцией как в текущем периоде, так и в перспективе, необходимо распланировать производство сырья, из которой она изготавливается – пшеницы.

В условиях нестабильной политической и экономической ситуации должно придаваться большое значение прогнозированию и планированию деятельности любой сферы. На микроуровне объектами прогнозирования являются: спрос, производство продукции, объемы продаж, обеспеченность ресурсами.

На основе результатов прогнозных расчетов составляется производственная программа, а также заключаются договоры на экспорт или импорт производимой продукции или материально-технической базы для реализации эффективного производства.

Стоит задача оценить возможные объемы экспорта пшеницы и мукомольной продукции. для решения данной задачи разработаем системно-динамическую модель.

Динамическая модель, реализованная в прикладной среде имитационного моделирования Powersim Studio, представлена на рис. 1. Модель производства пшеницы и мукомольной продукции состоит из уровней, темпов, а также содержит ключевые переменные и константы, которые позволяют отразить процесс реального функционирования предприятия.

Все действия, выполняемые в процессе имитации, реализуются в каждый момент модельного времени, а именно: генерирование случайных величин, построение функций решений, расчет значений уровней и занесение их значений в базу данных. После расчета и сохранения значений уровней осуществляется проверка на выход за рамки модельного времени, и если оно не закончено, то цикл имитации повторяется, в противном же случае прекращается.

Модель описывает путь пшеницы от сбора урожая до продажи муки предприятиям.

Для построения прогнозной модели необходимо учитывать сезонность производства зерновых культур и особенностей природно-климатических условий региона. Так как погодные условия в разные годы могут отличаться, будем использовать среднегодовые показатели за несколько лет.

Пшеница в нашем регионе созревает к концу июля (25-30 июля), сбор урожая необходимо совершить в течение недели, иначе пшеница начнет опадать или прорастать в колосе.

Часть собранного зерна пшеницы отбирается и сохраняется для следующего цикла производства, то есть для посева на следующий год.

Собранная пшеница проверяется в лаборатории и делится на классы. Четвертую часть всего объема пшеницы составляет пшеница низкого класса, непригодная для хлебопечения, но пригодная для кормления животных.

Фуражная пшеница входит в состав комбикормов для всех видов животных, выращиваемых в Донецком регионе: кур, свиней, крупного рогатого скота, овец. Доля пшеницы в комбикорме не должна превышать 60 %. Зная количество голов скота и норму потребления комбикорма в день, можно планировать продажу кормовой пшеницы. Предположим, что хозяйства закупают пшеницу каждые два месяца.

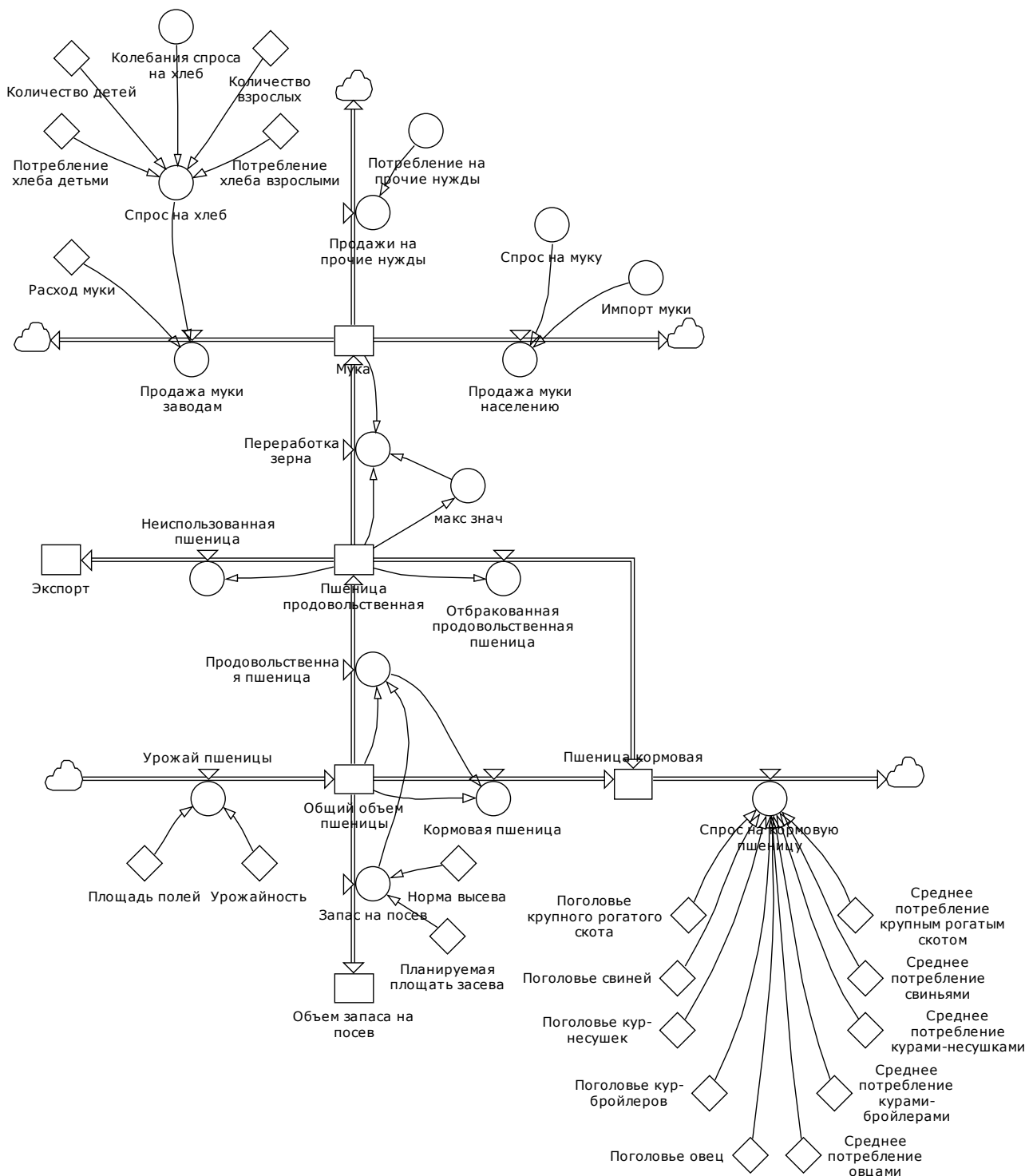


Рисунок 1 – Динамическая модель прогноза спроса на пшеницу и мукомольную продукцию, а также запасов каждого вида продукции

Продовольственная пшеница хранится в элеваторе. При неправильных условиях хранения пшеница может портиться и становится непригодной для употребления в пищу, но пригодной для кормления животных. В среднем, потери составляют 7-10 %. На рис. 2 видны периоды резкого уменьшения количества кормовой пшеницы в наличии в связи с периодической продажей животноводческим хозяйствам, а также небольшое увеличение объема наличной пшеницы в связи с отбраковкой продовольственной пшеницы.

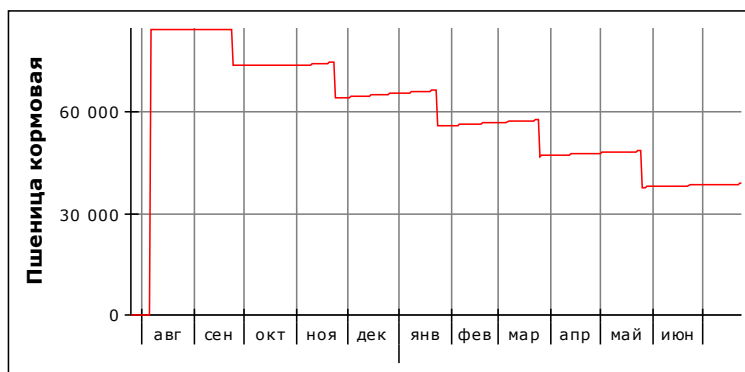


Рисунок 2 – Количество кормовой пшеницы в наличии

Далее пшеница идет на переработку в мукомольный цех. В процессе переработки зерно теряет влагу, отделяется от внешних пленок и т. д., в итоге из одной тонны зерна получается в среднем 72 тыс. кг муки (для муки высших сортов).

Далее мука продается оптом хлебозаводам, фасуется и отправляется на реализацию в розницу или уходит на прочие нужды (производство макаронных изделий, покупка мелкими пекарнями, кондитерскими предприятиями, предприятиями общественного питания, производство замороженного теста,пельменей, блинчиков). На рис. 3 представлено наличие муки на мукомольном производстве.

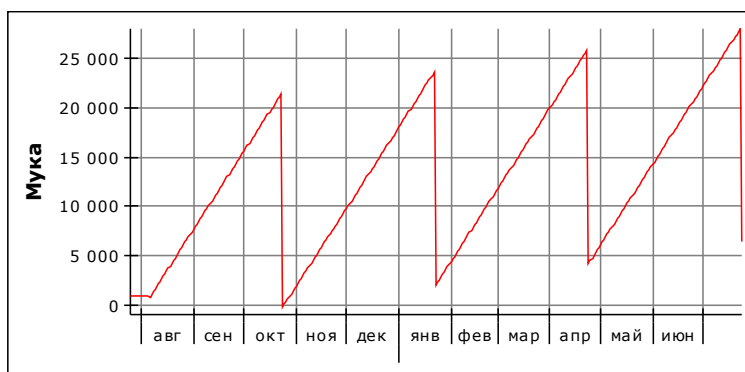


Рисунок 3 – Количество муки в наличии

Пшеница постепенно перемалывается в муку, хранится на складах мукомольного производства, раз в квартал муку в больших объемах закупают крупные предприятия хлебопекарной промышленности. Как видно из графика, на конец года остается запас в 6 тыс. т. мукомольной продукции. Этот запас необходимо оставлять на непредвиденные ситуации, например, резкие скачки спроса или несвоевременный сбор урожая в следующем году.

Объем спроса на хлеб рассчитан исходя из статистических данных среднего потребления хлебобулочных изделий на душу населения. Для более точного прогноза разделим население на взрослых и детей, так как количество потребляемого детьми хлеба в два раза меньше.

Спрос на хлеб имеет сезонные, недельные и праздничные колебания. В летние месяцы хлебобулочной продукции покупают в два раза меньше, чем в холодное время года, в будние дни спрос также выше, чем в выходные. В предпраздничные и праздничные дни спрос также повышается. На рис. 4 наглядно представлены результаты моделирования сезонности спроса на хлеб.

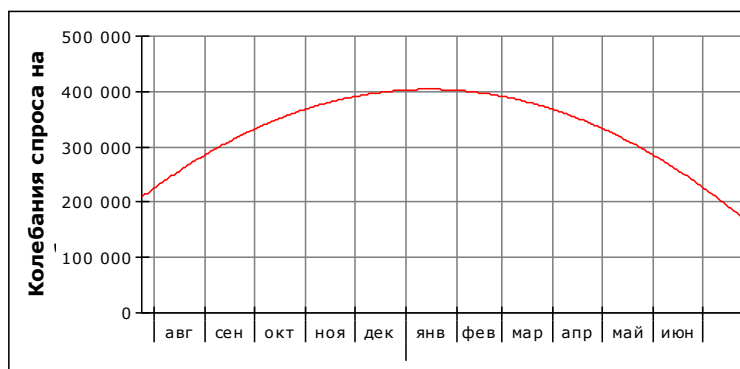


Рисунок 4 – Сезонные колебания спроса на хлеб

Модель позволяет оценить запасы пшеницы и муки в каждый момент моделируемого времени, чтобы своевременно договориться об импорте или экспорте необходимой продукции. Данная модель предполагает реализацию краткосрочного прогноза потребления пшеницы и мукомольной продукции (1 год). Как видно из рис. 2-3, на конец моделируемого периода, то есть на 23 июля следующего года, запасы составляют: 33,5 тыс. т. кормовой пшеницы, 42,5 тыс. т. продовольственной пшеницы, и около 6 тыс. тонн муки.

Для корректного функционирования модели и адекватных результатов необходимо настроить такие параметры модели, как количество населения, потребление хлеба, количество голов скота и птицы, засеваемая площадь полей и урожайность. Модель можно настроить по параметрам текущего года, чтобы оценить излишки или недостаток пшеничной продукции на любой период времени, и своевременно договориться с соседними государствами об экспорте или импорте зерна и муки. Также с помощью модели можно подобрать оптимальную площадь засеваемых полей, чтобы избежать избытка или дефицита продукции на планируемый период.

### Выводы

Исходя из поставленной задачи, можно дать положительную оценку возможности экспорта пшеницы из ДНР. При наличных в Донецком регионе условиях можно выращивать еще больше пшеницы на экспорт, а также продумать возможность сбыта на экспорт муки.

Так как имеется избыток фуражной пшеницы, необходимо искать рынки ее сбыта, что представляет сложность, так как соседние государства не нуждаются в ней (например, в России производство пшеницы низкого класса составляет около 50 % от общего объема).

Также можно рекомендовать иной способ решения проблемы: повышение классности пшеницы с помощью различных удобрений и защиты растений от вредителей. В этом случае процент зерна низкого класса уменьшится, а высших – увеличится, а при данных условиях заключить договоры на экспорт высококлассной пшеницы не составит сложностей.

### Литература

1. Прогнозирование и планирование экономики: учебник / Г. А. Кандаурова [и др.]; под общ. ред. Г. А. Кандауровой, В. И. Борисевича. – Мн.: Современная школа, 2005. – 476 с.
2. Сытник В. Ф. и др. Математические модели в планировании и управлении предприятиями. – К. ВШ, 1985. – 214 с.
3. Сидоренко В.Н. Системно-динамическое моделирование в среде Powersim: Справочник по интерфейсу и функциям. – М.: МАКС-ПРЕСС, 2001.

УДК 681.3.06

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРИЕМОМ ПОСЕТИТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

**Парфенов Д. А.\***, **Мальчева Р. В.\***, **Янковский И. А.\*\***

\* Донецкий национальный технический университет  
кафедра компьютерной инженерии

\*\* Полесский государственный университет, г. Пинск, Брестская обл.,  
Республика Беларусь, кафедра высшей математики и информационных технологий  
E-mail: [parfenov.dima@gmail.com](mailto:parfenov.dima@gmail.com)

### **Аннотация:**

*Парфенов Д. А., Мальчева Р. В., Янковский И. А. Разработка системы контроля приемом посетителей предприятия. Рассмотрены особенности платформы Arduino, обеспечивающие наблюдение и контроль приема посетителей. Разработано аппаратное и программное обеспечение системы.*

### **Annotation:**

*Parfenov D., Malcheva R., Yankouski I. A. Development of a visitor reception control system. The features of Arduino to provide an observation and control of the visitors' reception are considered. Hardware and software of the system are developed.*

### **Введение**

Одним из направлений использования компьютерных технологий являются системы мониторинга и контроля. Их существует огромное множество, отличающихся назначением и функционированием, например, так называемые системы «умный дом», обеспечивающие управление различными процессами жилого или производственного помещения [1].

Среди этого множества выделяют системы наблюдения, контролирующие прием посетителей предприятия. Видеонаблюдение – ключевой элемент в составе системы охраны и безопасности предприятия.

Установка системы охраны позволяет не только оградить материальные ценности организации от хищения, но и может осуществлять контроль за действиями персонала в офисных, производственных и складских помещениях предприятия. А также отслеживать передвижения клиентов и посетителей по территории объекта.

### **Актуальность темы**

Это актуальная система, в которой удобство сочетается с безопасностью. Главным достоинством таких систем является способность осуществления круглосуточного контроля входа на предприятие. Основной задачей подобных устройств является передача видео или фото изображений на службу охраны, которая, в свою очередь, будет на месте решать, пускать или нет.

В условиях регулярно ухудшающейся криминальной обстановки в стране, в городе, районе, все большее число юридических лиц стали интересоваться решением проблем собственной безопасности. И для решения этих задач происходит все больше обращений именно к устройствам, простым и доступным, позволяющих обеспечить безопасность. Возросший спрос на видеодомофоны позволил осуществить существенный технический прогресс, расширив функциональность этих устройств, и дал возможность говорить о возможности использования функций видеодомофонов в качестве оборудования для видеонаблюдения.



### **Цель и задачи исследования**

Целью работы является исследование и разработка системы приема посетителей предприятия. В начале работы над проектом были определены основные задачи:

- выбор и анализ платформы для реализации;
- разработка структурной схемы проекта;
- выбор оптимальных аппаратных средств.

Системы контроля могут быть реализованы с использованием различных микроконтроллеров в виде встроенных систем или систем на кристалле [2].

Для данной реализации системы приема посетителей выбрана платформа Arduino, так как она является доступной, недорогой, многофункциональной и отлично подходит для обучения [3]. Данная платформа имеет большой выбор плат с различными микроконтроллерами, датчиками, платами-расширителями и т. д.

Основные положительные стороны данной платформы:

– низкая стоимость: по сравнению с похожими аппаратными платформами, платы Arduino имеют относительно низкую стоимость; готовые модули стоят не дороже 50\$, а возможность собрать плату самостоятельно позволяет максимально сэкономить средства и получить Arduino за минимальную цену;

– кроссплатформенность: программное обеспечение (ПО) Arduino работает на операционных системах (ОС) Windows, Macintosh OSX и Linux, в то время как большинство подобных систем ориентированы на работу только в Windows;

– простая и удобная среда программирования: среда программирования Arduino понятна и проста для начинающих, но при этом достаточно гибкая для продвинутых пользователей; она очень удобна в обучении, как для студентов, так и для преподавателей;

– расширяемое программное обеспечение с открытым исходным кодом: программное обеспечение (ПО) Arduino имеет открытый исходный код, благодаря этому опытные программисты могут изменять и дополнять его; кроме того, возможности языка Arduino можно расширять с помощью C++ библиотек;

– расширяемое открытое аппаратное обеспечение: устройства Arduino построены на базе микроконтроллеров Atmel ATmega8 и ATmega328P.

Благодаря тому, что все схемы модулей Arduino находятся в открытом доступе, опытные инженеры и разработчики могут создавать свои версии устройств на основе существующих. И даже обычные пользователи могут собирать опытные образцы Arduino для лучшего понимания принципов их работы и экономии средств.

Таким образом, Arduino, как открытая программируемая аппаратная платформа для работы с различными объектами с помощью компонентов, расширяющих возможности платы, может служить отличным началом для работы с микроконтроллерами (МК).

Существует несколько разновидностей плат Arduino. В основном они отличаются между собой объемами памяти, моделью микроконтроллера (МК), количеством входов/выходов и размерами самой платы. Для данного проекта в качестве основной выбрана плата Arduino Uno – эталонная модель платформы Arduino.

### **Назначение и размещение устройства**

Данная система предназначена для использования на предприятии, где работает большое количество людей, а также бывает много посетителей. Эта система позволяет службе охраны получать оповещения с фотографией о людях, которые находятся у входной двери. Принцип действия проекта следующий:

- человек, который находится перед входной дверью, должен нажать кнопку дверного звонка;
- камера, установленная на входе, делает снимок посетителя;

– снимок отправляется с помощью Arduino на компьютер, подключенный к сети Интернет;

– фотография идентифицируется в базе данных, содержащей информацию обо всех работниках предприятия и постоянных посетителей.

Но в данном случае возникает вопрос с подключением и размещением системы на улице. В таком случае есть возможный вариант, когда камера и основная плата Arduino, отвечающая за управление, размещаются рядом, а компьютер находится в пункте охраны. Но так как плата Arduino и компьютер соединяются между собой с помощью USB-кабеля, а максимальная длина такого кабеля, согласно спецификации, не более 5 метров, то такое размещение может быть проблемным. Для того, чтобы обойти это ограничение, можно соединить несколько 5-метровых кабелей последовательно, используя для соединения USB-хабы в качестве повторителей. Максимальная длина такого составного кабеля не должна превышать 30 метров.

### Выбор и подключение аппаратных средств

Для оптимальной работы системы и ее правильной функциональности необходимо выбрать аппаратные средства, которые будут соответствовать поставленной задаче. Для системы приема посетителей предприятия были выбраны следующие аппаратные средства: плата Arduino Uno; модуль камеры OV7670; 2 резистора номиналом по 4,7 кОм и 3 резистора номиналом по 10 кОм. Данные элементы были выбраны по ряду причин: низкая себестоимость, доступность и удобство в эксплуатации.

Модуль камеры OV7670 формирует изображение с максимальным разрешением 640×480 и может выдать его со скоростью до 30 кадров в секунду. Данная камера была выбрана из соотношения цена-качество. Существуют и другие камеры для работы с платформой Arduino, такие как VC0706, которые по каким-то параметрам лучше, а по каким-то хуже выбранной OV7670. Подключение камеры к плате показано на рис. 1.

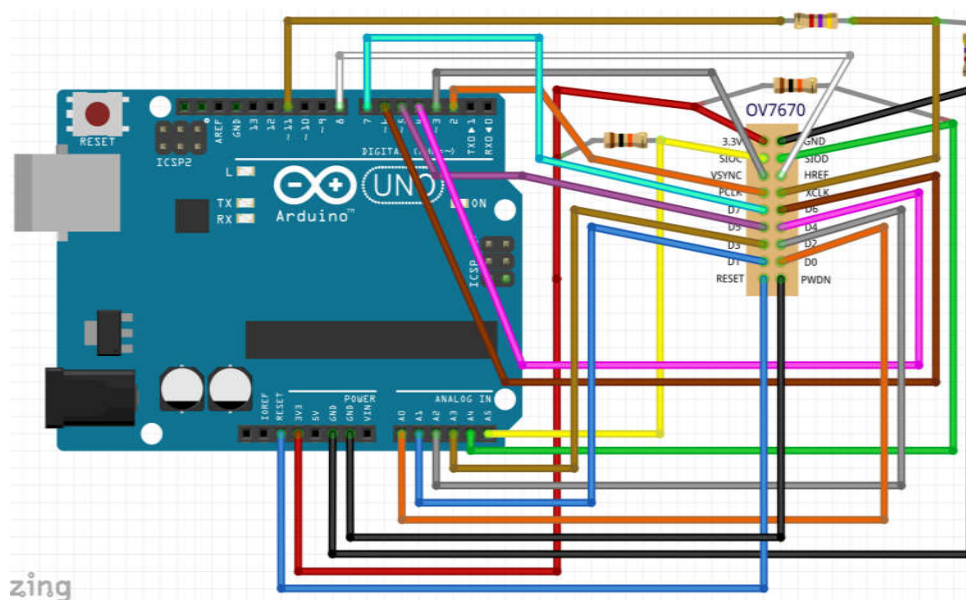


Рисунок 1 – Схема подключения модуля камеры OV7670 к плате Arduino Uno

Следует отметить, что напряжение входов камеры местами отличается от напряжения Arduino, поэтому нужны резисторы, которые подключаются так, как показано на схеме. Данное подключение было реализовано в программе эмуляторе Fritzing. Эта программа удобна в использовании, наглядно показаны все входы/выходы плат и благодаря возможности выбирать цвета для проводников меньше вероятность запутаться в физическом

подключении, если использовать этот эмулятор. Кроме того, существуют еще несколько программ, которые эмулируют возможности платы. Например, программа Virtual Breadboard. Эта программа позволяет писать код прямо в эмуляторе и тут же посмотреть, как он работает. Также программа включает в себя отладчик и достаточный набор компонентов для постройки различных схем. Возможность эмуляции платформы Arduino позволяет предварительно спроектировать систему и правильно выбрать компоненты без покупки элементов.

### Программирование системы

Программы для Arduino пишутся на обычном языке C/C++, дополненным простыми и понятными функциями для управления вводом/выводом на контактах. Для удобства работы с Arduino существует бесплатная официальная среда программирования Arduino IDE, которая не требует установки дополнительного программного обеспечения. Это упрощает работу пользователю с данной платформой. С ее помощью загрузка новой программы в Arduino становится очень быстрой, для этого необходимо подключить плату к компьютеру через USB. Также возможна работа и через Visual Studio, Eclipse, другие IDE или командную строку, но для этого требуется использование дополнительных плагинов.

Все особенности сводятся к тому, что имеется набор библиотек, включающий в себя некоторые функции и объекты. Код программы для Arduino называется скетч.

В скетче обязательно должны присутствовать две основные функции `setup()` и `loop()`, без них программа не откомпилируется. Упрощенно цикл программирования Arduino можно представить в следующей последовательности [4]:

- подключение платы через USB порт к компьютеру;
- написание скетча программы;
- выгрузка этого скетча на плату через USB соединение;
- выполнение платой написанного скетча.

Таким образом, используя библиотеки, функции и объекты для программирования Arduino реализуется необходимая система приема посетителей предприятия. Кроме того, для успешной работы системы потребовалось разработать дополнительную программу на языке Java в среде разработки Eclipse, которая выполняет преобразование полученной информации с камеры в .bmp изображение.

### Выводы

Проведен анализ плат платформы Arduino и реализована система приема посетителей предприятия с применением необходимых компонентов и плат, которые оптимально подходят для данной системы по ряду причин. Изучены и применены на практике основы программирования под Arduino в среде разработки Arduino IDE. На практике проведена проверка работоспособности данной системы. Поведено тестирование проекта и получены корректные результаты.

### Литература

1. Мальчева Р. В., Хмара А. С. Устройство управления системой горячего водоснабжения с солнечными коллекторами // Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. Т.2. С. 81-86.
2. Malcheva R., Naaem H. Development of the Data Transferring System Using SoC // European Scientific Journal, 2014. Vol.10, N7. PP.168-172.
3. Arduino. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://doc.arduino.ua/ru/about>
4. Программирование Arduino. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://doc.arduino.ua/ru/prog/>

УДК 004.8

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА КОНСОЛИДИРОВАННОЙ ФИНАНСОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ

Андреева А. И.\*, Детков А. А.\*, Боднар А. В.\*\*

\* Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»

\*\* Донецкий национальный технический университет

кафедра экономической кибернетики

E-mail: [linabykova13@ya.ru](mailto:linabykova13@ya.ru)

### **Аннотация:**

*Андреева А. И., Детков А. А., Боднар А. В. Разработка системы показателей для анализа консолидированной финансовой отчетности. Задача анализа финансового состояния предприятия является актуальной как для собственников, так и для кредиторов. В статье разработана система показателей для создания модели анализа консолидированной финансовой отчетности, а также приведено научное обоснование исследования с использованием теории нечеткой логики.*

### **Annotation:**

*Andreieva A., Detkov A., Bodnar A. Development of a system of indicators for the analysis of consolidated financial statements. The task of analyzing the financial condition of an enterprise is relevant for both owners and creditors. The article developed a system of indicators for creating a model for analyzing consolidated financial statements, and also provides a scientific basis for research using fuzzy logic theory.*

**Постановка проблемы.** Разнообразие показателей анализа консолидированной финансовой отчетности, различие в их методиках расчета и вариативность нормативных значений указывают на отсутствие стандартной методики. Отсутствие нормативных значений показателей для различных отраслей экономики также указывает на определенные методические проблемы.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Исследованием и разработкой методик анализа консолидированной финансовой отчетности посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых. В частности, вопросами анализа и оценки финансовой отчетности предприятий занимались ученые Ячменева В. М., Максимова Л. В., Семененко И. М., Сизоненко А. А., Шатунова Т. А., Галушко Б. В., Иванов В. Л., Проценко Н. Б. Несмотря на разработанность методик анализа устойчивости экономического субъекта много вопросов остаются нерешенными. Кроме того, в условиях динамичной среды и неопределенности, существующие методики анализа консолидированной финансовой отчетности требуют постоянной корректировки.

**Цель исследования.** Целью статьи является разработка системы показателей для построения модели анализа консолидированной финансовой отчетности.

**Изложение основного материала.** Прибыльная деятельность материнского предприятия и его дочерних предприятий как единой экономической единицы зависит от оценки реальности достигнутых поставленных целей благодаря периодическому осмотру ее хозяйственных операций. Понимание предыдущей деятельности группы является качественной основой для составления и оценки прогнозов на будущее.





Основным источником предоставления информации для анализа является консолидированная финансовая отчетность группы. Консолидированная финансовая отчетность предоставляет для анализа больше информации, чем отдельная финансовая отчетность материнского и дочерних предприятий.

Во время финансового анализа для оценки и определения эффективности работы предприятия важнейшими являются следующие коэффициенты (табл. 1).

Таблица 1 – Система финансовых коэффициентов для оценки финансового состояния предприятий консолидированной группы

	Название коэффициента	Условное обозначение	Формула для расчета	Краткое описание коэффициента
X1	Коэффициент обеспеченности собственными средствами (Own Funds Ratio)	OFR	$OFR = (EC - FA) / CA$ , где EC – собственный капитал (Equity Capital), FA – внеоборотные активы (Fixed Assets), CA – оборотные активы (Current Assets)	Коэффициент обеспеченности собственными средствами характеризует наличие собственных оборотных средств у предприятия, необходимых для обеспечения его финансовой устойчивости.
X2	Коэффициент автономии (Equity to Total Assets)	EtTA	$EtTA = EC / TA$ , где TA – величина активов (Total Assets)	Коэффициентом автономии выступает показатель степени свободы предприятия от заемного капитала. Он отражает часть собственных пассивов в структуре валюты баланса.
X3	Коэффициент текущей ликвидности (Current Ratio)	CR	$CR = CA / CL$ , где CL – краткосрочные обязательства (Current Liabilities)	Коэффициент текущей ликвидности (Current Ratio) показывает, какая часть задолженности (текущих обязательств — Current Liabilities) компании может быть оплачена за счет ее оборотных средств (текущих активов — Current Assets) при условии погашения дебиторской задолженности (Net Receivables) и реализации запасов (Inventory).
X4	Коэффициент платежеспособности (Solvency ratio)	SR	$SR = EC / TL$ , где TL – общая сумма обязательств (Total Liabilities)	Платежеспособность — это способность компании своевременно и полностью рассчитываться по своим обязательствам. Предприятие считается платежеспособным, если его общие активы (Total Assets) больше, чем долгосрочные и краткосрочные обязательства (Total Liabilities).
X5	Коэффициент финансовой зависимости (Debt Ratio)	DR	$DR = TL / EC$	Коэффициент финансовой зависимости - показывает, в какой степени организация зависит от внешних источников финансирования, сколько заемных средств привлекла организация на 1 у.е. собственного капитала. Он показывает также меру способности организации, ликвидировав свои активы, полностью погасить кредиторскую задолженность.
X6	Коэффициент финансовой устойчивости (Margin of financial safety)	MoFS	$MoFS = (EC + LTD) / TA$ , где LTD – величина долгосрочных обязательств (Long-term Dept)	Показатель, отражающий способность предприятия устойчиво финансировать производственный процесс в долгосрочной перспективе. Данный коэффициент оценивает степень зависимости предприятия от заемщиков.



Продолжение таблицы 1

	Название коэффициента	Условное обозначение	Формула для расчета	Краткое описание коэффициента
X7	Коэффициент оборачиваемости всех активов (Total Assets Turnover)	TAT	$TAT = NS / (TA1 - TA0) * 0,5$ , где NS – выручка от продаж (Net Sales); TA1 – величина активов на конец периода (Total Assets); TA0 – величина активов на начало периода	Показатель деловой активности, который демонстрирует эффективность использования активов компании.
X8	Коэффициент рентабельности капитала (Return on Equity)	ROE	$ROE = TL / TA$	Важнейший финансовый показатель отдачи для любого инвестора, собственника бизнеса, показывающий, насколько эффективно был использован вложенный в дело капитал.

Предложенная система показателей не является универсальной при анализе финансовой устойчивости консолидированной группы компаний, и любой показатель может быть заменен более существенным.

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

В ходе написания статьи была рассмотрена значимость анализа финансового состояния корпораций в современной рыночной экономике, поскольку именно благодаря этому процессу получается важная часть информации для принятия управленческих решений руководителями предприятий, и в которой заинтересованы почти все субъекты рыночных отношений: собственники, акционеры, банки и другие кредиторы, инвесторы, аудиторы, поставщики и покупатели, страховые компании и другие.

Акцентируется внимание на том, что одним из современных и перспективных направлений научных исследований в области анализа, прогнозирования и моделирования экономических явлений и процессов является нечеткая логика. Нечетко-множественные модели дают возможность менеджерам разного уровня и владельцам предприятий принимать экономически обоснованные решения.

На основе данных финансовой отчетности предприятия, а именно бухгалтерского баланса и отчета о финансовых результатах, сформированы показатели, характеризующие финансовое состояние предприятия.

### Литература

1. Официальный сайт Метинвест Холдинга – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.metinvestholding.com.ua>
2. Чистяков, А. Д. Теория нечетких множеств в системе инструментария экономики неопределенности [Электронный ресурс] / А. Д. Чистяков, Н. Д. Елецкий // Современные проблемы экономики и управления. – 2012. – № 2(02). – С. 1-18. – Режим доступа: <http://hdl.handle.net/123456789/8814> (дата обращения 08.04.2015).
3. Недосекин, А. О. Математические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис. ... док. экон. наук: 08.00.13 / Недосекин Алексей Олегович. – СПб., 2003. – 280 с.
4. Масалович, А. Нечеткая логика в бизнесе и финансах [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.tora-centre.ru/library/fuzzy/fuzzy-.htm> (дата обращения: 19.02.2015).



УДК 517.984.4

## САМОСОПРЯЖЕННОСТЬ МАТРИЧНОГО ОПЕРАТОРА ДИРАКА С ТОЧЕЧНЫМИ МАТРИЧНЫМИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМИ

Будыка В. С.

Институт прикладной математики и механики  
отдел уравнений в частных производных  
E-mail: [budyka.vik@gmail.com](mailto:budyka.vik@gmail.com)

**Аннотация:**

**Будыка В. С. Самосопряженность матричного оператора Дирака с точечными матричными взаимодействиями.** В работе исследуются одномерные  $2p \times 2p$ -матричные операторы Дирака  $D_{X,\alpha}$  с точечными матричными взаимодействиями на дискретном множестве  $X$ . Показано, что ряд свойств оператора  $D_{X,\alpha}$  идентичен соответствующим свойствам некоторой якобиевой матрицы  $B_{X,\alpha}$  с  $p \times p$ -матричными элементами.

**Annotation:**

**Budyka V. S. Self-adjointness of the Dirac matrix operator with point matrix interactions.** We investigate one-dimensional  $2p \times 2p$ -matrix Dirac operators  $D_{X,\alpha}$  with point matrix interactions on a discrete set. It is shown that a number of properties of the operator  $D_{X,\alpha}$  are identical to the corresponding properties of some Jacobi matrix  $B_{X,\alpha}$  with  $p \times p$ -matrix entries.

Рассмотрим одномерное дифференциальное выражение Дирака

$$D = -ic \frac{d}{dx} \otimes \sigma_1 + \frac{c^2}{2} \otimes \sigma_3 = \begin{pmatrix} c^2/2 & -ic \frac{d}{dx} \\ -ic \frac{d}{dx} & -c^2/2 \end{pmatrix} \otimes I_p, \quad (1)$$

в котором  $c > 0$  — скорость света и  $\sigma_j$  —  $2p \times 2p$ -матрицы Паули,  $j \in \{1, 2, 3\}$ ,

$$\sigma_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \otimes I_p, \quad \sigma_2 = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \otimes I_p, \quad \sigma_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \otimes I_p \in C^{2p \times 2p},$$

где  $I_p$  — единичная матрица размера  $p \times p$  (см. теорию операторов Дирака в [1, 2, 3]).

Пусть  $I = (a, b)$ ,  $-\infty < a < b \leq +\infty$ , конечный или бесконечный интервал. Положим

$$\alpha := \{\alpha_n\}_{n=1}^{\infty}, \quad \alpha_n = \alpha_n^* \in C^{p \times p}, \quad n \in N. \quad (2)$$

Пусть  $X = \{x_n\}_{n=0}^{\infty}$  — дискретное подмножество интервала  $I$ ,  $x_{n-1} < x_n$ ,  $n \in N$ , и

$$a := x_0, \quad b := \sup_{n \in N} x_n \equiv \lim_{n \rightarrow \infty} x_n, \quad d_*(X) = \inf d_n, \quad d_n = |x_n - x_{n-1}|.$$

Всюду в дальнейшем  $f = \{f_1, f_2, \dots, f_{2p}\}^T$  — вектор-столбец. Положим

$$f_I := \{f_1 \ f_2 \ \dots \ f_p\}^T, \quad f_{II} := \{f_{p+1} \ f_{p+2} \ \dots \ f_{2p}\}^T.$$

Здесь  $\top$  — операция транспонирования.



В пространстве  $L^2(I, C^{2p}) = L^2(I) \otimes C^{2p}$  введем семейство (незамкнутых) симметрических операторов  $D_{X,\alpha}^0$  ассоциированных с выражением (1):

$$D_{X,\alpha}^0 = D, \quad \text{dom}(D_{X,\alpha}^0) = \{f \in W_{\text{comp}}^{1,2}(I \setminus X) \otimes C^{2p} : f_I \in AC_{\text{loc}}(I), f_{II} \in AC_{\text{loc}}(I \setminus X);$$

$$f_{II}(a+) = 0, \quad f_{II}(x_{n+}) - f_{II}(x_{n-}) = -\frac{i\alpha_n}{c} f_I(x_n), n \in N\}. \quad (3)$$

Обозначим  $D_{X,\alpha} = \overline{D_{X,\alpha}^0}$  замыкание оператора  $D_{X,\alpha}^0$ .

### 1. Граничная тройка для оператора $D_X^*$ .

Пусть  $D_n$  минимальный оператор, порожденный в  $L^2[x_{n-1}, x_n] \otimes C^{2p}$  выражением (1)

$$D_n = D|_{\text{dom}(D_n)}, \quad \text{dom}(D_n) = W_0^{1,2}[x_{n-1}, x_n] \otimes C^{2p}.$$

**Лемма 1.** Оператор  $D_n$  – замкнутый симметрический с индексами дефекта  $n_{\pm}(D_n) = 2p$ . Его сопряженный  $D_n^*$  задается соотношениями

$$D_n^* = D|_{\text{dom}(D_n^*)}, \quad \text{dom}(D_n^*) = W^{1,2}[x_{n-1}, x_n] \otimes C^{2p}.$$

При этом тройка  $\tilde{\Pi}^{(n)} = \{C^{2p}, \tilde{\Gamma}_0^{(n)}, \tilde{\Gamma}_1^{(n)}\}$ , в которой

$$\tilde{\Gamma}_0^{(n)} f := \tilde{\Gamma}_0^{(n)} \begin{pmatrix} f_I \\ f_{II} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_I(x_{n-1+}) \\ icf_{II}(x_{n-}) \end{pmatrix}, \quad \tilde{\Gamma}_1^{(n)} f := \tilde{\Gamma}_1^{(n)} \begin{pmatrix} f_I \\ f_{II} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} icf_{II}(x_{n-1+}) \\ f_I(x_{n-}) \end{pmatrix}, \quad (4)$$

является граничной тройкой для  $D_n^*$ .

Определим минимальный оператор  $D_X$  в  $H = L^2(R_+) \otimes C^{2p}$ , полагая

$$D_X := \bigoplus_{n \in N} D_n, \quad \text{dom}(D_X) = W_0^{1,2}(R_+ \setminus X) \otimes C^{2p} = \bigoplus_{n \in N} W_0^{1,2}[x_{n-1}, x_n] \otimes C^{2p}.$$

Тогда  $D_X^* := \bigoplus_{n \in N} D_n^*, \quad \text{dom}(D_X^*) = W^{1,2}(R_+ \setminus X) \otimes C^{2p} = \bigoplus_{n \in N} W^{1,2}[x_{n-1}, x_n] \otimes C^{2p}.$

Прямая сумма  $\bigoplus_{n=1}^{\infty} \tilde{\Pi}^{(n)}$  граничных троек  $\tilde{\Pi}^{(n)}$  вида (4) является граничной для  $D_X^*$  тогда и только тогда, когда  $d_*(X) > 0$ .

**Теорема 1.** Пусть  $X = \{x_n\}_{n=0}^{\infty}$  и  $d^*(X) < +\infty$ . Определим отображения

$$\Gamma_j^{(n)} : W^{1,2}[x_{n-1}, x_n] \otimes C^{2p} \rightarrow C^{2p}, \quad n \in N, \quad j \in \{0, 1\},$$

полагая

$$\Gamma_0^{(n)} f := \begin{pmatrix} d_n^{1/2} f_I(x_{n-1+}) \\ icd_n^{3/2} \sqrt{1 + \frac{1}{c^2 d_n^2}} f_{II}(x_{n-}) \end{pmatrix},$$

$$\Gamma_1^{(n)} f := \begin{pmatrix} icd_n^{-1/2}(f_{II}(x_{n-1+}) - f_{II}(x_{n-})) \\ d_n^{-3/2} \left(1 + \frac{1}{c^2 d_n^2}\right)^{-1/2} (f_I(x_{n-}) - f_I(x_{n-1+}) - icd_n f_{II}(x_{n-})) \end{pmatrix}.$$

Тогда:

(i) для любого  $n \in N$  тройка  $\Pi^{(n)} = \{C^{2p}, \Gamma_0^{(n)}, \Gamma_1^{(n)}\}$  является граничной для  $D_n^*$ .

(ii) Прямая сумма  $\Pi := \bigoplus_{n=1}^{\infty} \Pi^{(n)} = \{H, \Gamma_0, \Gamma_1\}$ , где  $H = l^2(N, C^{2p})$  и  $\Gamma_j = \bigoplus_{n=1}^{\infty} \Gamma_j^{(n)}$ ,  $j \in \{0, 1\}$ , является граничной тройкой для оператора  $D_X^* = \bigoplus_{n=1}^{\infty} D_n^*$ .

**2. Связь гамильтонианов  $D_{X,\alpha}$  с якобиевыми матрицами.** Положим  $d^*(X) := \sup_n d_n$  и пусть  $v(x) := \frac{1}{\sqrt{1+(c^2 x^2)^{-1}}}$ . Рассмотрим якобиеву матрицу

$$B_{X,\alpha} = \begin{pmatrix} O_p & \frac{v(d_1)}{d_1^2} I_p & O_p & O_p & O_p & \dots \\ -\frac{v(d_1)}{d_1^2} I_p & \frac{v(d_1)}{d_1^2} I_p & \frac{v(d_1)}{d_1^{3/2} d_2^{1/2}} I_p & O_p & O_p & \dots \\ O_p & \frac{v(d_1)}{d_1^{3/2} d_2^{1/2}} I_p & \frac{\alpha_1}{d_2} I_p & -\frac{v(d_2)}{d_2^2} I_p & O_p & \dots \\ O_p & O_p & -\frac{v(d_2)}{d_2^2} I_p & \frac{v(d_2)}{d_2^2} I_p & \frac{v(d_2)}{d_2^{3/2} d_3^{1/2}} I_p & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}. \quad (5)$$

**Предложение 1.** Пусть  $\Pi = \{H, \Gamma_0, \Gamma_1\}$  – граничная тройка для оператора  $D_X^*$ , построенная в Теореме 1, и пусть  $B_{X,\alpha}$  – минимальный оператор Якоби, ассоциированный в  $l^2(N; C^p)$  с матрицей вида (5). Тогда  $B_{X,\alpha}$  – граничный оператор для реализации  $D_{X,\alpha}$  вида (3), т. е.  $D_{X,\alpha} = D_{B_{X,\alpha}} = D_X^*|_{\text{dom}(D_{B_{X,\alpha}})}$ ,  $\text{dom}(D_{B_{X,\alpha}}) = \{f \in \text{dom}(D_X^*) : \Gamma_1 f = B_{X,\alpha} \Gamma_0 f\}$ ,

В дальнейшем,  $S_p(H)$ ,  $p \in (0, \infty]$ , обозначают идеалы фон Неймана-Шаттена в  $H$ .

**Теорема 2.** Пусть последовательность  $\{\alpha_n\}_1^{\infty}$  вида (2). Тогда:

(i) Индексы дефекта операторов  $D_{X,\alpha}$  и  $B_{X,\alpha}$  удовлетворяют соотношениям  $n_{\pm}(D_{X,\alpha}) = n_{\pm}(B_{X,\alpha}) \leq p$ . В частности,  $D_{X,\alpha}$  самосопряжен в точности тогда, когда самосопряжен оператор  $B_{X,\alpha}$ . Если  $n_+(D_{X,\alpha}) = p$ , то и  $n_-(D_{X,\alpha}) = p$ .

Пусть дополнительно  $D_{X,\alpha} = D_{X,\alpha}^*$ . Тогда:

(ii) Пусть  $\tilde{\alpha} := \{\tilde{\alpha}_n\}_{n \in N} (\subset C^{p \times p})$ ,  $\tilde{\alpha}_n = (\tilde{\alpha}_n)^*$  – другая последовательность вида (2). Пусть также  $B_{X,\tilde{\alpha}}$  – минимальный оператор Якоби, ассоциированный в  $H = l^2(N) \otimes C^{2p}$  с матрицей (5), в которой  $\alpha$  заменено на  $\tilde{\alpha}$ . Тогда верна эквивалентность

$$(D_{X,\alpha} - i)^{-1} - (D_{X,\tilde{\alpha}} - i)^{-1} \in S_p(H) \iff (B_{X,\alpha} - i)^{-1} - (B_{X,\tilde{\alpha}} - i)^{-1} \in S_p(H).$$



### 3. Самосопряженность

**Теорема 3.** Пусть  $I$  – бесконечный интервал, т.е. или  $I = R_{\pm}$ , или  $I = R$ ,  $\alpha$  и  $\beta$  последовательности вида (2). Тогда оператор  $D_{X,\alpha}$  – самосопряженный.

**Теорема 4.** Пусть  $D_{X,\alpha}$  – оператор вида (3). Тогда область сопряженного оператора  $D_{X,\alpha}^* := (D_{X,\alpha})^*$  имеет вид

$$D_{X,\alpha}^* = D|_{\text{dom}(D_{X,\alpha}^*)},$$

$$\text{dom}(D_{X,\alpha}^*) = \{f \in W^{1,2}(I \setminus X) \otimes C^{2p} : f_I \in AC_{\text{loc}}(I), f_{II} \in AC_{\text{loc}}(I \setminus X);$$

$$f_{II}(a+) = 0, \quad f_{II}(x_{n+}) - f_{II}(x_{n-}) = -\frac{i\alpha_n}{c} f_I(x_n), n \in N\}.$$

### Выводы

В работе исследуются одномерные  $2p \times 2p$ -матричные операторы Дирака  $D_{X,\alpha}$  с точечными матричными взаимодействиями на дискретном множестве  $X$ . Показано, что ряд свойств оператора  $D_{X,\alpha}$  идентичен соответствующим свойствам некоторой якобиевой матрицы  $B_{X,\alpha}$  с  $p \times p$ -матричными элементами.

### Литература

1. Albeverio S., Gesztesy F., Hoegh-Krohn R., Holden H. Solvable Models in Quantum Mechanics: AMS Chelsea Publ., 2005.
2. Carlone R., Malamud M., Posilicano A., “On the Spectral Theory of Gesztesy-Seba Realizations of 1-D Dirac Operators with Point Interactions on a Discrete Set”, J. Differ. Equ., // JDE. 2013. V. 254. P. 3835–3902.
3. Thaller B. The Dirac Equation: Texts and Monographs in Physics, Springer, 1992.



УДК 004.522

## СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ МЕНТАЛЬНОГО ПОРТРЕТА СТУДЕНТА С РЕЧЕВЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

Гончаров К. Д., Федяев О. И.

Донецкий национальный технический университет

кафедра программной инженерии

E-mail: [kriogen0501@gmail.com](mailto:kriogen0501@gmail.com)

### **Аннотация:**

*Гончаров К. Д., Федяев О. И. Система построения ментального портрета студента с речевым интерфейсом. В статье рассмотрена разработка информационной системы построения ментального портрета студента. Ментальный портрет студента включает его психофизиологические характеристики, которые влияют на качество усвоения студентом знаний. Ментальный портрет определялся с помощью известных методов тестирования личности. Традиционный интерфейс системы расширен средствами речевого управления процессом тестирования.*

### **Annotation:**

*Goncharov K. D., Fedyaev O. I. System of compiling a mental portrait of a student with voice control. The article considers the development of an information system for building a mental portrait of a student. The mental portrait of a student includes its psychophysiological characteristics that affect the quality of the student's learning. Mental portrait was determined by the well-known methods of personality testing. The traditional interface of the system is extended by means of speech control of the testing process.*

### **Введение**

Процесс обучения в университете организован одинаково для всех студентов. Однако успеваемость у каждого студента индивидуальная и зависит в первую очередь от его способностей и прилежания. В статье рассматривается актуальная для любого образовательного учреждения задача прогнозирования качества профессионального обучения студентов в зависимости от их личностных характеристик и ряда других факторов [1, 2]. Для её решения необходимо разработать такую модель, которая будет способна функционально описывать зависимость получаемых студентом профессиональных знаний и умений от факторов, влияющих на полноту этих знаний, в частности, от психофизиологических характеристик студента. Для достижения этой цели необходимо решить следующие подзадачи:

- определить внешние и внутренние факторы, влияющие на качество усваивания студентом знаний и навыков;
- разработать методику определения психофизиологических особенностей обучаемого студента;
- автоматизировать процесс тестирования студента по разработанной методике, включающей набор разнотипных тестов;
- предоставить студентам со слабой компьютерной подготовкой интеллектуальный уровень общения с тестирующей системой;
- построить модель для прогнозирования остаточных знаний и умений студента по его ментальному портрету.

В статье рассматривается решение первых четырёх подзадач.

### Факторы влияния на качество обучения студентов

На наш взгляд основные факторы, влияющие на усвоение студентом учебного материала, можно систематизировать так, как это показано на рис. 1. Анализ этих факторов позволит изучить личность обучаемого с разных сторон, выявить наиболее важные ментальные особенности, влияющие на успешность обучения [3-5].

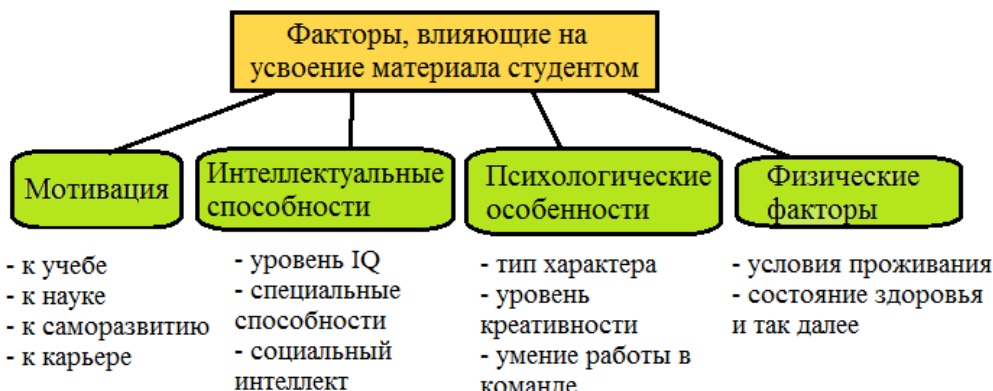


Рисунок 1 – Факторы, влияющие на усвоение студентом учебного материала

Наиболее значимыми факторами к успешному обучению являются уровень интеллекта и мотивация студента. Личность человека многогранна и индивидуальна. Очень сложно формализовать всесторонне психику студента. Поэтому в данной работе учитывались такие психические факторы, которые обоснованно рассмотрены психологами. Так как таких параметров огромное множество, то были взяты наиболее существенные и разработанные параметры: тип темперамента, умение работать в команде.

Для практического определения психофизиологических особенностей студента использовались известные тесты Айзенка Г. Ю., Гилфорда Д. П., Герчикова В. И. и Торренса Э. П. [6-8], характеристики которых приведены на рис. 2.

<p>Доплаты за квалификацию</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Очень важно</li> <li>2) Не очень важно</li> <li>3) Совсем не важно</li> </ol>	<p>Тип мотивации</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест Герчикова</li> <li>• Включает 23 вопроса с вариантами ответов</li> </ul>
<p>Вставьте пропущенную цифру.</p>	<p>Уровень интеллекта</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест Айзенка Г. на IQ</li> <li>• Включает 40 заданий</li> </ul>
	<p>Социальный интеллект</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест Гилфорда (с ограничением по времени)</li> <li>• Четыре субтеста и в каждом от 12 до 15 ситуаций (Истории завершения и дополнения и др.)</li> </ul>
<p>Вставьте пропущенное число.</p>	<p>Специальные способности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест Айзенка Г. на вычислительные способности</li> <li>• Включает 50 вычислительных заданий</li> </ul>
<p>21. Много ли Вы мечтаете? 22. Когда на Вас кричат, отвечаете ли Вы тем же?</p>	<p>Тип темперамента</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест Айзенка Г. (4 типа темперамента: холерик, сангвиник, флегматик, меланхолик)</li> <li>• Включает 57 вопросов</li> </ul>
	<p>Уровень креативности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест Торренса П.</li> <li>• Предлагаются 6 картинок для оригинального завершения фигур (творческое мышление).</li> </ul>

Рисунок 2 – Методы психологического анализа личности

### Структура системы построения ментального портрета студента

Информационная система выявления ментальных портретов студентов проектировалась с использованием объектно-ориентированного подхода. Статическая структура системы с широкими интерфейсными возможностями представлена на рис. 3.

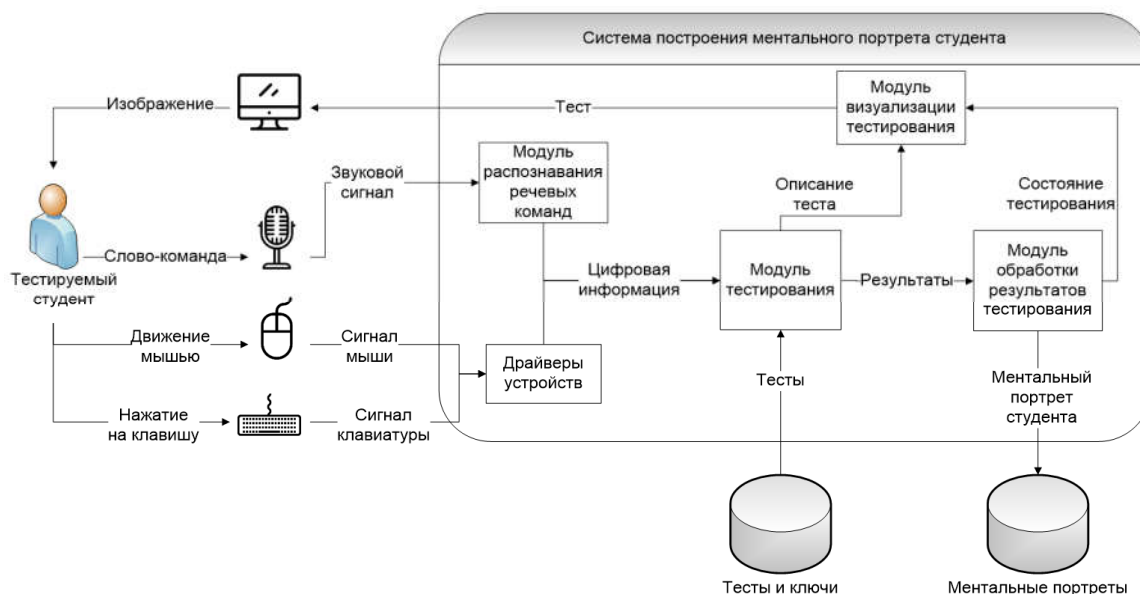


Рисунок 3 – Многофункциональный интерфейс и структура системы построения ментального портрета студента

Модуль тестирования отвечает за управление процессом тестирования, приём ответов студента, получение результатов тестирования, передачу информации о тесте в модуль визуализации тестирования. Все тесты с ключами хранятся в отдельном файле. Модуль обработки результатов тестирования формирует характеристики ментального портрета студента и сохраняет их в файл. Модуль визуализации тестирования на основе полученной информации о текущем состоянии тестирования и описания тестов формирует диалоговое окно для студента, в котором предусмотрен речевой и тактильный ввод ответов на вопросы текущего теста (рис. 4).

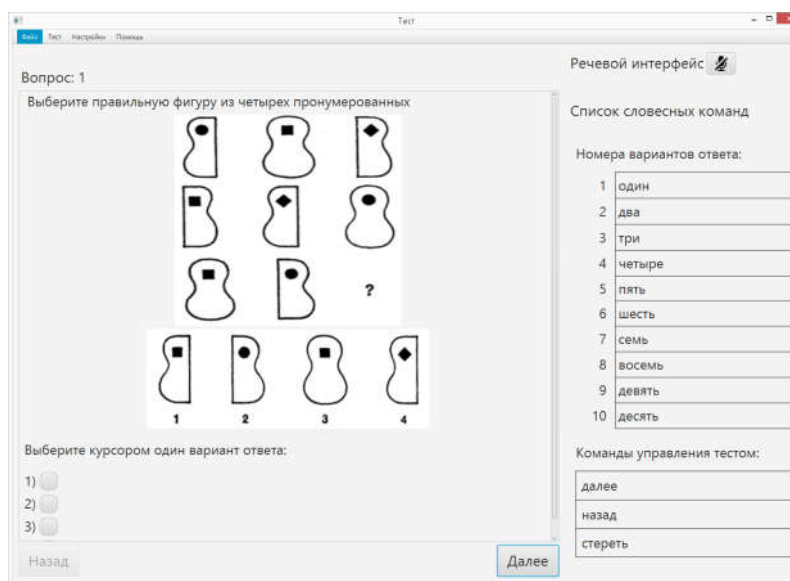


Рисунок 4 – Окно диалога при решении тестовой задачи с вводом ответа голосом или координатно-тактильными устройствами (мышь, клавиатура)

Модуль голосового управления, учитывая широкий охват испытуемых, построен с возможностью голосового управления информационной системой. Поскольку речь – сложный динамический объект без чётко выраженных частей (рис. 5), данный модуль построен с использованием методов автоматического распознавания речи [9].

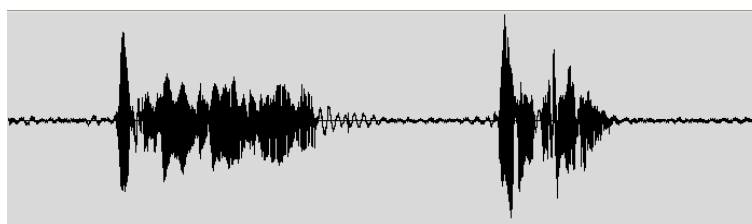


Рисунок 5 – Пример амплитудно-временного отображения вводимых команд речевого интерфейса

Для голосового управления системой амплитудно-временной сигнал с микрофона преобразуется в цифровую форму аналого-цифровым преобразователем. В качестве инструмента для разработки модуля распознавания речи выбрана система Sphinx4 [10]. Она работает на основе применения скрытых Марковских моделей [9]. Процесс распознавания описывается последовательность состояний, которые с определённой вероятностью сменяют друг друга. Аппарат скрытых Марковских моделей успешно применяется для описания любого последовательного вероятностного процесса, в том числе такого, как речь. В качестве исходной информации для синтеза движка распознавателя Sphinx использует модели, показанные на рис. 6. Пример фонетического словаря дан в табл. 1.

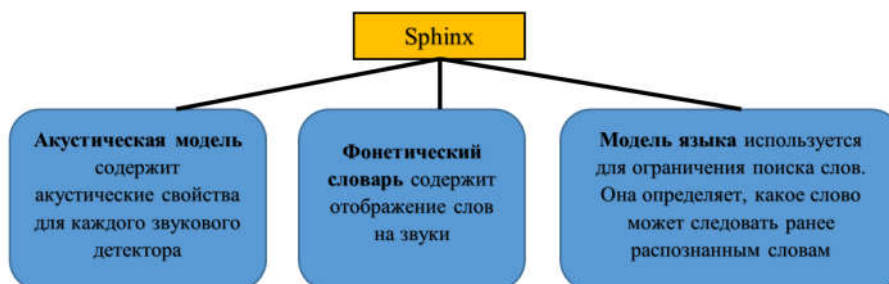


Рисунок 6 – Модели описания акустико-лингвистических параметров распознаваемой речи в инструментальной среде Sphinx

Таблица 1 – Фонетический словарь речевых команд

Слово	Транскрипция
один	a dd ii n
два	d v aa
три	t rr ii
четыре	ch i t yy rr i
пять	pp ja tt
шесть	she e ss tt
семь	ss je mm
восемь	v ay ss i mm
девять	dd je vv i tt
десять	dd je ss i tt
далее	d aa ll ii
назад	n a z aa t
стереть	ss t ti rr je tt

## Выводы

Предложен подход, который позволяет моделировать трудно формализуемый процесс профессионального обучения студентов, основанный на имитации процесса передачи профессиональных навыков и знаний в зависимости от личностных характеристик студентов.

Установлены внешние и внутренние факторы, влияющие на успеваемость студентов и качество усваивания знаний и навыков. Особое внимание было уделено студенту как личности и его месту в процессе обучения. Исходя из этого, была разработана специальная методика, позволяющая анализировать психологические, эмоциональные, природные и физические способности студента. Методика была основана на классических психологических подходах, обладающих универсальностью, а также сравнительной легкостью для их реального применения. После прохождения всех тестов определяется ментальный портрет студента, который будет использоваться при прогнозировании его остаточных знаний и навыков по профильным дисциплинам.

Данная система в дальнейшем имеет хорошие перспективы распространения и развития, так как может использоваться для проведения подобного тестирования. Например, её можно адаптировать к тестированию на собеседовании при приёме на работу или к тестированию знаний по профильным дисциплинам и т. п. В плане развития системы целесообразно добавить синтез речи.

## Литература

1. Калинин А. М., Тарасов В. Г. Использование данных электронного обучения для оценки и прогнозирования результатов. V Международная научно-практическая конференция «Электронное обучение в непрерывном образовании, ЭОНО-2018» (Россия, Ульяновск, 18-20 апреля 2018 г.): сборник научных трудов. – Ульяновск: УлГТУ, 2018. – С. 493-501.
2. Тимофеев О. Г., Хмелевская Т. А., Горбачёв И. В., Гадалина Н. Н. Анализ обучения студентов ИДДО по курсам, направлениям, ступеням. V Международная научно-практическая конференция «Электронное обучение в непрерывном образовании, ЭОНО-2018» (Россия, Ульяновск, 18-20 апреля 2018 г.): сборник научных трудов. – Ульяновск: УлГТУ, 2018. – С. 586-592.
3. Федяев, О. И. Формирование зависимости остаточных знаний студентов от их ментальности с помощью нейронных сетей / Федяев О. И., Грабчук О. П., Елифёров В. В. // Труды конференции ИАИ-2015, КПИ, Киев, 2015. - С. 258-265.
4. Современные тенденции в управлении персоналом. Учебное пособие / Дейнека А. В. [и др.]; - М.: Изд-во "Академия естествознания", 2009. - 294 с.
5. Федяев О. И. Нейросетевая модель процесса профессионального обучения молодых специалистов // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2015): материалы 5-й между. научно-техн. конф. (Минск, 19-21 февраля 2015 г.). – Минск: БГУИР, 2015.
6. Айзенк, Г. Как измерить личность: учеб. пособие / Айзенк Г., Вильсон Г. - М.: Изд-во Когито-Центр, 2000. - 27 с.
7. Айзенк Г. Новые тесты IQ - М.: Изд-во «ЭСКМО», 2003. – 189 с.
8. Ильин Е. П. Психология творчества, креативности, одарённости. - СПб.: Питер, 2004. – 537 с.
9. Рабинер, Л. Р. Цифровая обработка речевых сигналов / Рабинер Л. Р., Шафер Р. В. М.: Изд-во Радио и связь, 1981. – 42 с.
10. CMUSphinx Documentation [Electronic resource] / Интернет-ресурс. - Режим доступа: <https://cmusphinx.github.io/wiki/>. - Загл. с экрана.



УДК 334.7, 519.86

## СИСТЕМО-ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КОММУНИКАЦИЯМИ В МУНИЦИПАЛЬНОЙ СЕТИ

Апанасенко А. В., Берг Д. Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»  
кафедра анализа систем и принятия решений  
E-mail: [stacy-chan@yandex.ru](mailto:stacy-chan@yandex.ru)

### *Аннотация:*

*Апанасенко А. В., Берг Д. Б. Системно-динамическая модель управления коммуникациями в муниципальной сети. В статье на концептуальном уровне представлена системно-динамическая модель управления процессами обмена и коммуникациями в сложной системе взаимодействия – муниципальной сети, построенной по принципу альтернативной локальной экономики.*

### *Annotation:*

*Apanasenko Anastasia, Berg Dmitriy. System Dynamic Model of Communications Management in a Municipal Network. The article presents a conceptual model of system dynamics for the task of managing the processes of exchange and communications in a complex system of interaction – a municipal network built on the principle of an alternative local economy.*

**Постановка проблемы.** Тенденция современной экономики и процессы глубокой информационной и цифровой трансформации в обществе привели к изменению организационных форм взаимодействия, к росту слияний и поглощений, квазиинтеграции компаний, усилению государственной стратегии по укрупнению целого ряда отраслей путем создания объединенных отраслевых корпораций, и даже локальных экономик. Но насколько эффективны и оправданы ли такие организационные преобразования и каким образом спрогнозировать последствия организационных изменений в динамике? Ведь границы системы определяются наличием высокой интенсивности взаимодействия между элементами внутри системы, существенно превышающей интенсивность контактов между ними и элементами внешней среды.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

Многообразие коммуникаций описывается ограниченным числом теорий, наиболее известные из них: теория и модель Лассвелла; информационная модель Шеннона-Уивера (Shannon-Weaver); циркуляционная модель Шрамма-Осгуда (Schramm and Osgood); модель усвоения информации А. Моля (Abraham Moles) [1].

Сетевой подход к анализу структуры и функционированию систем достаточно широко применяется во многих научных областях. Одной из первых фундаментальных попыток применения такого подхода для социальных систем можно назвать работу М. Кастельса «The rise of the network society» [2]. Однако анализ существующих моделей взаимодействия и коммуникаций показал недостаточность разработанных инструментальных средств определения оптимальной формы взаимодействия в сети, которые бы позволяли сделать вывод о долгосрочной перспективе новых форм организации сетевых взаимодействий и возможности их успешной реализации.

**Цель исследования.** Целью статьи является разработка концептуальной модели управления коммуникациями в архитектуре муниципальной сети, представленной товарными и денежными потоками [3].

### Изложение основного материала

Для анализа систем, стремящихся не утратить результативность основных показателей после вступления в сеть, т. е. выполнять требования сохранения баланса обмена и взаимодействия, предлагается применить аппарат системно-динамического имитационного моделирования. Модель внутреннего рынка муниципальной экономики (сеть муниципалитета) была построена на основе усредненных статистических данных в расчете на 10 000 жителей (рис. 1).

В модели действуют 13 сетевых партнёров: 11 обычных производственных, население (домохозяйства) и внешняя среда. Население также включено в модель, т. к. участвует в коммуникациях, потребляя ресурсы других производителей и предлагая свой ресурс – рабочую силу. Внешняя среда также включена в модель, т.к. экономическая система муниципалитета не является закрытой, и товарообмен происходит не только между участниками сети, но и с внешней средой.

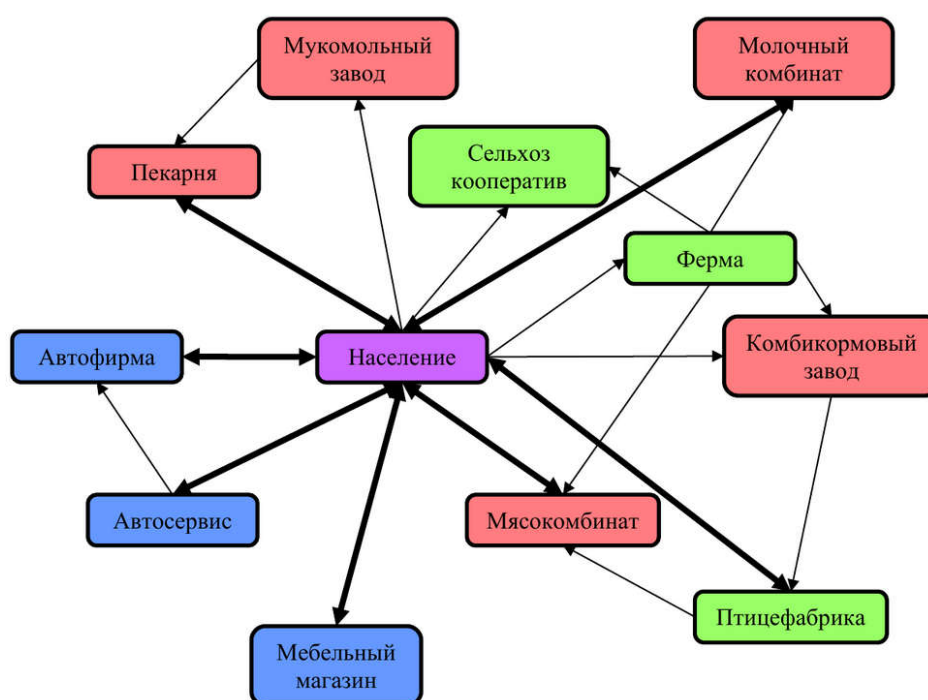


Рисунок 1 – Социограф муниципальной сети как локальной экономики [4]

Входными данными модели выступают значения вектора платежей, переменные в виде массивов, взятые за предпрогнозный период (2 года), для которых были получены статистические параметры нормального закона распределения, значения элементов которых образуют из матрицу взаимодействия (взаимных платежей).

Также к входным данным модели относятся уровни товарных запасов участников сети (*Товар запас i*), значения которых отражает количество товарных запасов (в денежном выражении), доступных каждому из участников на момент начала функционирования предпринимательской сети. Кроме того, к входным данным можно отнести управляющие коэффициенты:

*Использ\_внутр\_ден* – отражает возможность использования при торговле внутри предпринимательской сети внутренних денег, запас которых не ограничен. По умолчанию равен «false», т. е. внутренние деньги не используются. Также доступно значение «true».

*К\_обеспеч\_ден* – отражает обеспеченность товарных запасов предприятия деньгами, выраженную в процентах. По умолчанию равен 50, т. е. товарные запасы обеспечены деньгами на 50 %. Диапазон доступных значений – от 0 до 100.



Значения управляющих коэффициентов регулируются при помощи элементов управления (флажок и бегунок соответственно) и позволяют оказать на модель управляющее воздействие, изменив условия её функционирования.

Взаимосвязь различных показателей функционирования предпринимательской сети муниципалитета, товарные и денежные потоки между ними отражают уравнения переменных и уровней модели.

Ниже эти уравнения приведены в обобщенном виде:

$$\text{Входящ\_товар\_запас\_}i(t) = \sum V\_взаим\_платеж\_j[i] \quad (1)$$

$$\text{Исходящ\_товар\_запас\_}i(t) = \sum V\_взаим\_платеж\_i[k] \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Товар\_запас\_}i(t) &= \\ &= \text{Товар\_запас\_}i(t-1) + \text{Входящ\_товар\_запас\_}i(t) - \text{Исходящ\_товар\_запас\_}i(t) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Входящ\_внеш\_обмен\_}i(t) &= \\ &= \text{Товар\_запас\_}i(t) \times (K\_обеспеч\_ден \times 0,01) + \text{Платеж\_внеш\_сред\_}[i] \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{Исходящ\_внеш\_обмен\_}i(t) = V\_взаим\_платеж\_i[12] \times (K\_обеспеч\_ден \times 0,01) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Ден\_внеш\_обмен\_}i(t) &= \text{Ден\_внеш\_обмен\_}i(t-1) + \\ &+ \text{Входящ\_внеш\_обмен\_}i(t) - \text{Исходящ\_внеш\_обмен\_}i(t) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{Входящ\_внутр\_обмен\_}i(t) &= \sum V\_взаим\_платеж\_j[i] + \\ &+ \begin{cases} \text{если } \text{Исходящ\_внутр\_обмен\_}i(t) > (\text{Ден\_внеш\_обмен\_}i(t) - \\ - \text{Исходящ\_внеш\_обмен\_}i(t)) \text{ И } \text{Используй\_внутр\_ден} = \text{true}, \\ \text{то } (\text{Ден\_внеш\_обмен\_}i(t) - \text{Исходящ\_внеш\_обмен\_}i(t)) + \\ + (\text{Исходящ\_внутр\_обмен\_}i(t) - (\text{Ден\_внеш\_обмен\_}i(t) - \\ - \text{Исходящ\_внеш\_обмен\_}i(t))), \\ \text{иначе } \text{Ден\_внеш\_обмен\_}i(t) - \text{Исходящ\_внеш\_обмен\_}i(t) \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\text{Исходящ\_внутр\_обмен\_}i(t) = \sum V\_взаим\_платеж\_i[k] \times (K\_обеспеч\_ден \times 0,01) \quad (8)$$

$$\text{Входящ\_внеш\_сред}(t) = \sum V\_взаим\_платеж\_k[12] \quad (9)$$

$$\text{Исходящ\_внеш\_сред}(t) = \sum V\_платеж\_внеш\_сред[k] \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{Ден\_внеш\_сред\_}i(t) &= \text{Ден\_внеш\_сред\_}i(t-1) + \\ &+ \text{Входящ\_внеш\_сред\_}i(t) - \text{Исходящ\_внеш\_сред\_}i(t) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{Расход\_внутр\_ден}(t) &= \\ &= \sum \begin{cases} \text{если } \text{Исходящ\_внутр\_обмен\_}k(t) > \text{Ден\_внеш\_обмен\_}k(t) \text{ И} \\ \text{И } \text{Используй\_внутр\_ден} = \text{true}, \\ \text{то } \text{Исходящ\_внутр\_обмен\_}k(t) - \text{Ден\_внеш\_обмен\_}k(t), \\ \text{иначе } 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\text{Внутр\_ден}(t) = \text{Внутр\_ден}_i(t-1) + \text{Внутр\_ден}_i(t) \quad (13)$$

$$\text{Несбаланс\_поток}(t) = \sum \text{Входящ\_внеш\_обмен}_k(t) + \sum \text{Исходящ\_внеш\_обмен}_k(t) \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \text{Общий\_оборот}(t) = & \text{Несбаланс\_поток}(t) + \\ & + \sum \text{Входящ\_внутр\_обмен}_k(t) + \sum \text{Исходящ\_внутр\_обмен}_k(t), \end{aligned} \quad (15)$$

где  $n$  – номер данного участника сети,  $n = \overline{0,11}$ ;  
 $j$  – номера участников сети, которые имеют взаимные платежи с  $i$ -м участником;  
 $k$  – множество участников сети,  $k = \overline{0,11}$ .

Выходными данными модели выступают обобщающий показатель – переменная  $K$  кооперац и уровень  $\text{Ден\_внутр\_обмен}_i$ . Коэффициент кооперации характеризует уровень взаимодействия различных элементов экономической системы, рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{кооперац}} = \frac{\text{Общ\_оборот} - \text{Несбаланс\_поток}}{\text{Общ\_оборот}}. \quad (17)$$

Значение уровня  $\text{Ден\_внутр\_обмен}_i$  советуется количеству денежных средств, доступных для внутреннего обмена и характеризует платежеспособность предприятия, рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} \text{Ден\_внутр\_обмен}_i(t) = & \text{Ден\_внутр\_обмен}_i(t-1) + \\ & + \text{Входящ\_внутр\_обмен}_i(t) - \text{Исходящ\_внутр\_обмен}_i(t) \end{aligned} \quad (18)$$

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

На основе представленных и описанных выше процессов коммуникаций и обмена в муниципальной сети и с привлечением среды имитационного моделирования AnyLogic в дальнейшем будет проведена серия имитационных экспериментов позволяющая в динамике оценить параметры взаимодействия в муниципальной сети. Расчет изменений коэффициентов обеспеченности деньгами и коэффициенты кооперации для двух стратегий (привлечение внутренних альтернативных валют либо отказ от этого) позволят более обосновано подойти к управлению взаимодействием, т. е. более эффективно организовать обмен товарно-денежными потоками между участниками взаимодействия.

### Литература

1. Зверева, О. М. и Берг, Д. Б. Агент-ориентированная модель коммуникаций экономической системы в условиях межотраслевого баланса Леонтьева. Научно-технические ведомости СПбПГУ. Информатика. Коммуникации. Управление. № 6, 2013, – с. 77-86.
2. Кастельс, М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. Пер. с англ. под науч. ред. О. И. Шкаратана. /М. Кастельс. – М.: Гос. ун-т. Высш. шк. экон., 2000.
3. Альтернативная экономика: феномен Шаймуратово. Концептуал. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://концептуал.пф/alternativaya-ekonomika-fenomen-shaymuratovo>
4. Зверева О. М. Управление сетями коммуникаций в социальных и экономических системах, обладающих свойством аутопоэза. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / О. М. Зверева. – УрФУ им. первого президента России Б. Н. Ельцина. – Новосибирск. – 2017.

УДК 336.7

## СОВРЕМЕННАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛАТЕЖНЫХ СИСТЕМ

**Мостовая Н. В., Берг Д. Б.**

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»

E-mail: [natamostovaya@mail.ru](mailto:natamostovaya@mail.ru)

### **Аннотация:**

*Мостовая Н. В., Берг Д. Б. Современная интерпретация и классификация платежных систем. Проанализированы различные подходы к интерпретации понятия «платежная система» и представлена собственная классификация современных платежных систем с целью выявления особенности функционирования и определены области использования различных платежных систем. Кроме того, обозначены ключевые особенности новых платежных систем, таких как схемы платежей виртуальными валютами.*

### **Annotation:**

*Mostovaya N. V., Berg D. B. Modern interpretation and classification of payment systems. Various approaches to the interpretation of the concept of "payment system" are analyzed and its own classification of modern payment systems is presented with the purpose of revealing the features of functioning and the areas of use of various payment systems are determined. In addition, key features of new payment systems, such as virtual currency payment schemes, are outlined.*

### **Общая постановка проблемы**

Глобализация экономических связей и интернационализация платежей требуют более быстрого перевода денежных средств, а быстрый рост количества платежей требует использования передовых технологий оплаты и инновационных платежных инструментов в платежных системах. Однако в современных условиях совершенствование платежных систем связано не только с использованием новых технологий, основанных на достижениях в области компьютерных технологий, телекоммуникаций и компьютерных сетей, но также в разработке и внедрении новых архитектурных проектов, методах оптимизации расчетного процесса, способах повышения надежности и непрерывности платежных систем.

### **Исследования**

В узком смысле платежная система обычно интерпретируется как межбанковская система денежных переводов. В широком смысле платежная система представляет собой систему отношений между хозяйствующими субъектами, организованную определенным образом, которая в соответствии с установленными правилами и процедурами предоставляет инфраструктуру для передачи денег от одного экономического субъекта другому [10, с. 25].

На сегодняшний день решением Правления Центрального Республиканского Банка зарегистрирована первая в Донецкой Народной Республике платежная система «Спрут». Оператором данной платежной системы является Финансовая компания «Рост». Данный сервис онлайн-платежей позволяет оплачивать услуги платежными картами Центрального Республиканского Банка и ФК «Рост». При помощи данного сервиса можно оплатить услуги операторов мобильной связи, например, республиканского оператора Феникс, производить оплату за Интернет, телевидение и прочие виды услуг.

Появление в последние годы интернет-платежных систем, схем для расчета виртуальными валютами и т. д. являются важными нововведениями в сфере платежей





и требуют дальнейшего развития традиционных критериев классификации типов платежных систем.

### **Классификации платежных систем**

- С точки зрения значения платежной системы для финансовой системы страны (масштаба и значимости предоставляемых услуг) можно выделить национальную платежную систему и другие платежные системы.

Национальная платежная система представляет собой набор институциональных и инфраструктурных механизмов финансовой системы, которые используются для инициирования и передачи денежных требований в виде обязательств центрального банка, коммерческих банков [9, с. 76] и эмитентов электронных денежных средств.

Национальная платежная система является подсистемой государственной финансовой системы, которая предоставляет хозяйствующим субъектам платежные услуги. В то же время НПС не является платежной системой национального масштаба, а представляет собой совокупность всех платежных элементов национальной финансовой системы, включая все государственные и коммерческие платежные системы и расчетные системы [4, с. 11].

- В зависимости от институциональной принадлежности платежные системы можно разделить на платежную систему центрального банка (которая является самой важной в платежной системе государства и определяет правила и стандарты работы внутри национальной платежной системы в целом) и частную платежную систему (включает все типы платежных систем, организованных без прямого участия государственных органов денежно-кредитного регулирования).

- В зависимости от субъектов платежных операций платежные системы можно разделить на системы межбанковских платежей и межхозяйственные платежные системы. Межбанковские платежные системы включают системы, в которых основными участниками являются кредитные институты, деятельность которых подлежит банковскому надзору [3].

Межхозяйственные платежные системы включают системы, в которых участники расчетов могут быть как кредитными организациями, так и небанковскими организациями [5, с. 24].

- С точки зрения централизации платежные системы можно разделить на централизованные платежные системы и децентрализованные платежные системы. Централизованная платежная система - это система платежей, контролируемая государством и управляемая из единого федерального центра. В централизованных системах каждая группа участников низшего уровня устанавливает взаимоотношения с одним из участников высшего уровня, а последние подчиняются единому центру. Децентрализованная платежная система - это система платежей, контролируемых и регулируемых частными кредитными институтами. В децентрализованных платежных системах отдельные связи между участниками могут формироваться независимо от всех остальных.

- В зависимости от величины обслуживаемых платежей платежные системы можно разделить на оптовые платежные системы и розничные платежные системы. Платежи, производимые через системы оптовых платежей, обычно имеют следующие особенности: а) высокие суммы транзакций; б) производятся в относительно небольшой сумме ограниченным числом финансовых учреждений; в) осуществляются с использованием ограниченного набора безналичных платежных инструментов; г) являются сверхсрочными и требуют своевременного расчета (клиринг и окончательное урегулирование таких платежей должно производиться в течение одного дня или даже более короткого часового цикла) [10, с. 27]; д) связаны с операциями на денежном рынке или валютными операциями [7, с. 28]. Розничные платежные системы характеризуются следующими особенностями: а) низкие суммы транзакций; б) платежи производятся в большом количестве значительным количеством кредитных и платежных институтов; в) платежи осуществляются



с использованием широкого спектра безналичных платежных инструментов; г) срочные платежи (клиринг и окончательный расчет для таких платежей производится в течение 1-2 дней); д) в процессе обработки платежной информации, а также при клиринге широко используются негосударственные частные процессинговые и клиринговые системы [11, с. 6].

- В зависимости от степени значимости системы для финансового сектора страны платежные системы можно разделить на: а) системно важные платежные системы (системы, в которых нарушение деятельности самой системы в результате недостаточной защиты от риска могут вызывать дальнейшие сбои в работе участников системы и приводят к системным нарушениям функционирования финансового сектора в целом [8, с. 5]); б) социально значимые платежные системы (нарушение деятельности самой системы может привести к дальнейшим сбоям в работе участников системы и привести к серьезным социальным последствиям, которые влияют на финансовое положение значительного числа участников финансовой сферы [6]); в) другие платежные системы (система, которая не имеет системно значимых характеристик для финансовой сферы, в которой нарушение в деятельности самой системы существенно не влияет на финансовое положение значительного числа участников финансовой сферы, не приводит к социальным последствиям или к системным нарушениям в функционировании финансовой системы).

- С точки зрения процедуры обработки платежных поручений, полученных от клиентов, платежные системы можно разделить на платежные системы с валовыми расчетами (валовые расчетные системы) и платежные системы для расчетов на «чистой» основе (неттинговые системы расчетов).

Платежные системы с расчетами на валовой основе подразумевают обработку каждого платежного документа индивидуально и, соответственно, отдельный платеж за него. Удобство организации этой формы платежной системы заключается в сокращении времени проведения платежей и снижении платежных рисков.

Платежные системы расчетов на «чистой» основе предполагают, что непосредственно перевод денежных средств для всех полученных платежей будет осуществляться с учетом поступления средств по адресу плательщика. В результате сумма перевода может быть уменьшена путем компенсации требований и обязательств. Удобство организации такой формы платежной системы заключается в сокращении числа платежных операций, что значительно снижает стоимость платежных услуг.

- В зависимости от режима проведения расчетов в системе платежные системы можно подразделить на системы, работающие в режиме реального времени, и системы, работающие с задержкой платежа. Платежные системы, работающие в режиме реального времени, обеспечивают практически мгновенное проведение расчетов. Платежные системы, работающие с задержкой платежа, обеспечивают проведение платежа с незначительными задержками от момента получения соответствующего приказа (в результате учета переводов и поступлений).

- С точки зрения необходимости открытия счета платежные системы можно подразделить на платежные системы, предусматривающие открытие клиенту счета (клиенту в обязательном порядке открывается либо индивидуальный банковский счет, либо внутрисистемный счет у оператора платежных услуг, не являющегося кредитным институтом), и платежные системы, не предусматривающие открытие счета клиентам (клиентам не открывается счет, а идентификация платежей осуществляется, как правило, по адресу электронной почты пользователя либо по его логину).

Дополнительные признаки в целях классификации платежных систем.

- С точки зрения используемой в расчетах валюты платежные системы предлагаем подразделять на моновалютные платежные системы и мультивалютные платежные системы.

Моновалютная платежная система представляет собой систему, в которой используется одна валюта: либо официальная денежная единица (государственная), либо

собственная денежная единица (частная или виртуальная), установленная в качестве расчетной в рамках платежной системы.

Мультивалютная платежная система представляет собой систему, в которой используется две и более валюты [5, с. 28].

● В зависимости от наименования валютной единицы, выступающей в качестве счетной единицы и средства платежа, платежные системы предлагаем подразделять на системы с расчетами в государственных валютных единицах (национальных валютах) и системы с расчетами в частных валютных единицах (виртуальных валютах).

Национальные валютные единицы признаются законными средствами платежа в рамках национальных экономик (доллар США, евро, российский рубль и др.), и их эмиссия обеспечивается/контролируется государственными денежно-кредитными регуляторами.

Платежные системы с расчетами в частных валютных единицах являются новым направлением развития платежных систем. Виртуальная валюта – это цифровое выражение стоимости (денежной суммы), которая может покупаться и продаваться в цифровой форме и функционировать в качестве: 1) средства обмена; и/или 2) счетной единицы; и/или 3) средства сохранения стоимости, но не имеет законного статуса в какой-либо юрисдикции (то есть, не является с нормативной точки зрения законным средством платежа на национальном уровне) (Bitcoin, Litecoin, Ripple и др.).

На рис. 1 обозначено позиционирование виртуальной валюты в матрице современных денег.

		Денежный формат			
		Физический	Цифровой		
Законный статус	Эмиссия и обращение регулируются законом (фиатные деньги)	- банкноты центральных банков; - монеты государственных казначейств	- депозитные деньги (деньги коммерческих банков) - электронные деньги (деньги специализированных эмитентов)	Широкая принимаемость (в рамках всей национальной экономики)	Степень приемлемости
	Эмиссия и обращение не регулируются (частные деньги)	- отдельные типы локальных и местных валют	- виртуальная валюта («открытая валюта»)		
		Однородные	Неоднородные		
		Наличие однородности			

Рисунок 1 – Матрица современных денег [1, с. 122]

Помимо формальных можно обозначить и ряд сущностных особенностей виртуальных валют. Во-первых, в большинстве случаев современные виртуальные валюты являются активами, стоимость которых определяется спросом и предложением. Во-вторых, отличительной особенностью схем виртуальных валют является способ передачи электронной стоимости от плательщика к получателю. Ключевым новшеством схем виртуальной валюты является использование так называемой децентрализованной системы



учета данных по транзакциям (distributed ledgers), которая обеспечивает проведение удаленного прямого обмена электронной стоимостью при отсутствии доверия между сторонами и без участия посредников.

- С точки зрения территориального охвата и каналов доступа к сервисам платежные системы предлагаем подразделять на: а) национальные (внутристрановые) платежные системы, характеризующиеся тем, что в своей деятельности ограничиваются рамками одной страны и не могут выходить на международный уровень; б) трансграничные (межстрановые) платежные системы, характеризующиеся тем, что в своей деятельности преодолевают границы между государствами, что позволяет платежным институтам выходить на наднациональный уровень; в) территориально не ограниченные (сетевые или Интернет-платежные) системы характеризующиеся тем, что в своей деятельности преодолевают не только границы между государствами, но и между разными коммерческими средами, позволяя провайдером платежных услуг совершать платежи между пользователями и сообществами как в традиционной коммерческой сети, так и в сети Интернет, без четких территориальных границ.

- В зависимости от формы используемых платежных инструментов платежные системы предлагаем подразделять на: а) платежные системы, использующие бумажные платежные инструменты; б) платежные системы, использующие традиционные электронные платежные инструменты; в) платежные системы, использующие новые (или инновационные) электронные платежные инструменты. Платежные системы, использующие бумажные платежные инструменты, характеризуются тем, что платежные инструменты или расчетные документы в таких системах оформляются в бумажной форме (например, банковские чеки). Платежные системы, использующие традиционные электронные платежные инструменты, характеризуются тем, что электронные платежные инструменты предусматривают электронную форму обработки платежной информации (например, банковские платежные карты). Платежные системы, использующие новые (или инновационные) электронные платежные инструменты характеризуются тем, что платежные инструменты предусматривают электронную форму обработки платежной информации в интерактивной среде (например, электронные чеки или виртуальные бумажники). Такие системы появляются, как правило, в результате второго этапа электронизации денежно-кредитной сферы.

- В зависимости от возможности получения дохода от остатков денежных средств на счете в системе платежные системы предлагаем подразделять на: а) платежные системы, в которых хранение денег в системе не влечет за собой финансовых последствий для участников расчетов, являются наиболее типичными системами (например, система «Золотая Корона»); б) платежные системы, в которых хранение денег на счетах системы приводит к необходимости оплаты комиссии за хранение средств (например, система E-Gold); в) платежные системы, выплачивающие вознаграждение пользователю за размещение средств на счетах, представляют собой системы, в которых принимаются на хранение депозиты до востребования с выплатой комиссии за пользование средствами (например, платежная система PayPal).

- В зависимости от используемых информационных каналов доступа к платежной инфраструктуре платежные системы предлагаем подразделять на платежные системы, использующие закрытые банковские сети, и платежные системы, использующие открытую сеть Интернет и мобильные сети. В платежных системах, использующих закрытые банковские сети, все информационные сообщения, касающиеся платежных транзакций, передаются через защищенные выделенные банковские каналы связи, внешний доступ к которым невозможен, примером таких систем являются системы межбанковских платежей. В платежных системах, использующих открытую сеть Интернет и мобильные сети, информационные сообщения, касающиеся платежных транзакций, передаются через



открытые каналы связи. Поэтому, передача информационных сообщений требует использования специальных протоколов шифрования передаваемой информации. Примером могут служить платежные системы VISA и MasterCard, которые для обеспечения безопасности платежей в Интернете используют протокол 3D Secure.

### Выводы

Рассмотренные признаки классификации платежных систем не являются исчерпывающими в силу их непрерывной эволюции. Следует также отметить, что эффективность платежей в рамках проанализированных платежных систем определяется следующими ключевыми факторами:

1. способностью платежных систем быстро и эффективно обрабатывать крупные и мелкие платежи; устойчивостью платежных систем к флуктуациям ликвидности и дефолтам экономических субъектов;
2. способностью платежных систем обеспечивать безопасность, надежность и конфиденциальность процессов осуществления платежей;
3. способностью платежных систем обеспечивать непрерывное функционирование платежной инфраструктуры и ее быстрого восстановления в случае непредвиденных сбоев или попыток информационного взлома.

### Литература

1. Кочергин Д. А. Место и роль виртуальных валют в современной платежной системе // Вестник СПбГУ. Экономика. 2017. Т. 33, вып. 1. С. 119–140.
2. Кочергин Д. А. Электронные деньги: учебник. — М.: Изд-во Маркет ДС; Центр исследований платежных систем и расчетов (ЦИПСИР), 2011. — 424 с.
3. Криворучко С. В., Лопатин В. А. Национальная платежная система: структура, технологии, регулирование, международный опыт и российская практика. — М.: ЦИПСИР, 2013. — 456 с.
4. Национальная платежная система. Бизнес-энциклопедия / коллектив авторов; ред.-сост. А. С. Воронин. — М.: КНОРУС: ЦИПСИР, 2013. — 424 с.
5. Платежные системы. Учебное пособие / Под редакцией С. Е. Дубовой, А. С. Обаевой. — Киров: МЦНИП, 2014. — 453 с.
6. Указание Банка России № 2815-У от 02.05.2012 «Об установлении значений критериев для признания платежной системы значимой». — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_130929/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130929/) (дата обращения 12.04.2017).
7. A Glossary of Terms Used in Payments and Settlement Systems. // The Committee on Payments and Market Infrastructures. BIS, 2014. — September (Updated).
8. Core Principles for Systemically Important Payment Systems // Committee on Payment and Settlement Systems. BIS, 2001. — January.
9. General Guidance for National Payment System Development // Committee on Payment and Settlement Systems. BIS, 2006. — January. — № 70.
10. Kokkola T. The Payment System // Payments, Securities and Derivatives, and the Role of the Eurosystem, ECB, 2010.
11. Policy Issues for Central Banks in Retail Payments // Committee on Payment and Settlement Systems. BIS, 2003. — March.





УДК 004.415.2

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОДСИСТЕМЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ

Коношенко В. О.\*, Привалов М. В.\*, Пашкова Ю. И.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет

кафедра автоматизированных систем управления

\*\* Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Севастопольский государственный университет»

E-mail: [konoshenko.vl@gmail.com](mailto:konoshenko.vl@gmail.com)

### Аннотация

*Коношенко В. О., Привалов М. В., Пашкова Ю. И. Сравнительный анализ методов распознавания лиц для использования в подсистеме идентификации личности. Задача распознавания лиц на изображении является ключевой при решении задач идентификации лиц, автоматического слежения за передвигающимся в поле зрения камеры субъектом. Целью данной работы является сравнение методов определения и распознавания лиц. Проводится сравнение методов различных классов, выявляются их положительные и отрицательные стороны. На основе полученных результатов делаются выводы о возможностях комбинированного использования алгоритма Виола-Джонса и метода главных компонент для решения данной задачи.*

### Annotation:

*Konoshenko V. O., Privalov M. V., Pashkova Yu. I. Comparative analysis of the face recognition methods for their usage inside person identification subsystem. The problem of face recognition on the image is the key issue in solving the problems of face identification and automatic tracking of moving subjects in the full view of the camera. The aim of this work is to compare the methods of face definition and recognition. The methods of different classes are compared, their positive and negative sides are identified. On the basis of the results obtained the work draws the conclusions about the possibilities of combined use of the Viola-Jones algorithm and the principal components method for solving this problem.*

### Постановка проблемы

При реализации подсистемы идентификации личности одним из основных компонентов является модуль, которым производится распознавание лиц [1] в кадре. При обнаружении лиц в кадре необходимо определить положение детектированного объекта для его дальнейшего отслеживания. Результатом работы такой подсистемы является идентифицированная личность, лицо которой было обнаружено в кадре. Так как на текущий момент существует большое множество методов распознавания и определения лиц, то необходимо провести сравнительный анализ для выбора такого метода, который позволит минимизировать ложные определения и при этом будет минимально нагружать ресурсы системы.

**Цель работы** – обоснование и выбор методов определения и распознавания лиц. Для дальнейшего выбора и использования одного или комбинации алгоритмов в подсистеме идентификации личности.

Задача идентификации личности является достаточно сложной, особенно для задач без ограничений, когда точка обзора, освещение, выражение лиц, заграждения, аксессуары и т. п. могут существенно изменяться. Лицо, как трехмерный объект, должно быть идентифицировано на основе его двумерного изображения. При этом цифровое изображение лиц может изменяться при изменении освещения, позы, выражения и т. д.

Типичная система распознавания лиц в упрощенном виде состоит из двух основных модулей:

1. Модуль детектирования лиц в кадре.
2. Модуль распознавания по ключевым признакам.

При построении автоматической подсистемы распознавания лиц необходимо учитывать следующие особенности, усложняющие задачу:

- сильно варьирующийся внешний вид лиц у разных людей;
- возможное присутствие индивидуальных особенностей;
- изменение выражения лиц;
- часть лиц может быть невидима на изображении.

Обобщённая схема работы такой подсистемы изображена на рис. 1. Входной информацией для неё является видеопоток. Из него выделяется последовательность кадров, к каждому из которых применяется алгоритм детектирования лиц. Получив область кадра с объектом, необходимо произвести сравнение ключевых признаков полученного объекта с имеющимися в БД. В результате будет получен список кандидатов, соответствующих условиям отбора.

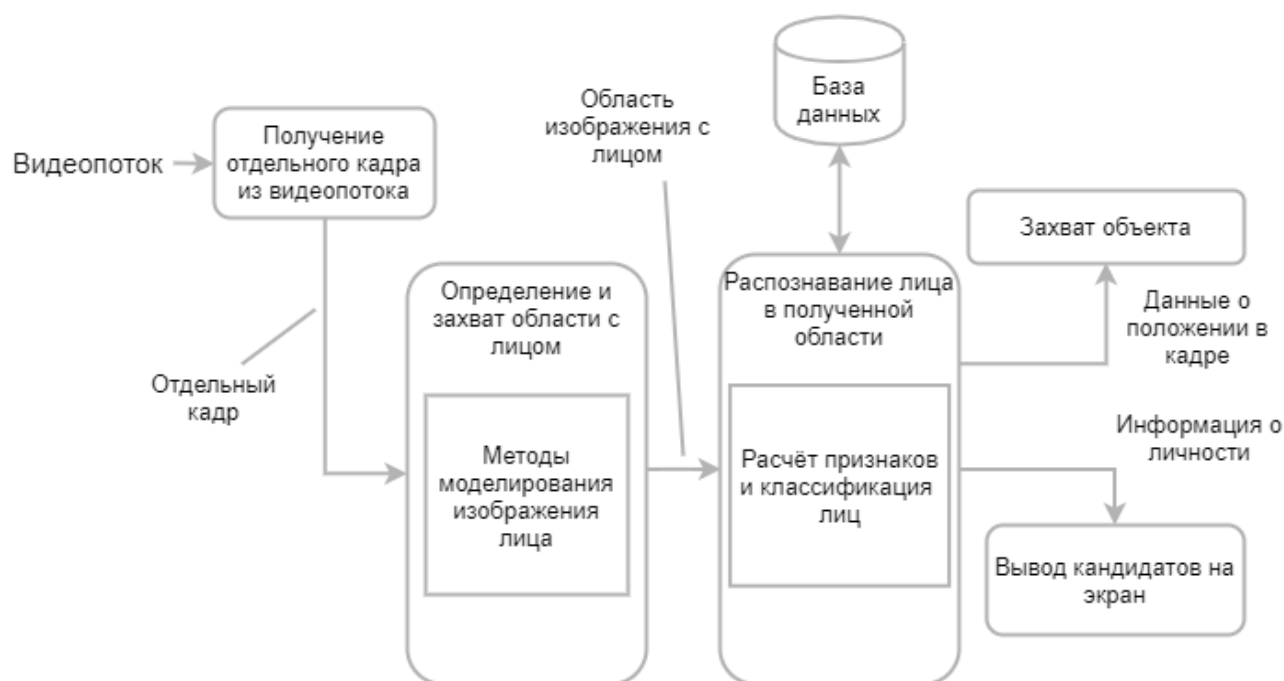


Рисунок 1 – Обобщённая схема работы подсистемы распознавания лиц

Существует две основных категории алгоритмов, разработанных для решения задачи обнаружения лиц: методы эмпирического распознавания и методы моделирования изображения лиц человека [2, 3].

Эмпирические методы основываются на опыте человека в решении задачи распознавания лиц и пытаются формализовать и алгоритмизировать этот опыт, построив на его основе автоматическую систему распознавания. При этом формируется ряд эвристик, на основе наличия и взаимного соответствия которых автоматическая система может определить факт присутствия лиц на изображении.

Достоинства эмпирических методов:

1. Достаточно просто реализуются, не требуют мощных вычислительных ресурсов.
2. Позволяют построить некоторую модель изображения лиц и свести задачу к выполнению некоторого количества относительно простых проверок.



3. Возможность гибкой настройки под конкретную задачу путем модификации параметров.

Однако данные методы не соответствуют требованиям современных систем, так как имеют высокий процент ложных обнаружений лиц в кадре.

Методы моделирования изображения лиц, к которым относятся Метод Опорных Векторов, искусственные нейронные сети, алгоритм Виолы-Джонса. Они базируются на том, что изображению (или его фрагменту) ставится в соответствие некоторым образом вычисленный вектор признаков, который используется для классификации изображений на два класса – лицо/не лицо. Каждый пиксель изображения становится компонентом вектора признаков, превращая черно-белое изображение  $n \times m$  в вектор пространства  $R^{n \times m}$ .

Преимущества методов моделирования лиц:

- возможность гибкого использования аппарата математических функций;
- полностью исключается участие человека из всей процедуры.

Недостатки методов моделирования изображения лиц:

- зависимость от ориентации и масштаба лиц;
- обучение только на прямоугольных фрагментах изображений объектов.

Достаточно популярным представителем данной группы методов является алгоритм Виолы-Джонса [4].

### **Анализ методов распознавания лиц**

Практически все методы основаны на использовании локальных либо глобальных признаков лиц. При использовании локальных признаков, алгоритм выделяет отдельные части лиц (такие как глаза, нос, рот и др.) и уже по ним выделяет или распознает лицо. При использовании же глобальных признаков, алгоритм оперирует всем лицом в целом.

Методы, основанные на локальных признаках, так или иначе, локализируют характерные участки лиц и уже на их основе выполняют дальнейшую обработку. Недостатки данной группы в следующем:

- плохо распознают инвариантности;
- сложные математические вычисления.

Популярными представителями данных методов являются метод сравнения эластичных графов и нейронные сети.

К методам, основанным на глобальных признаках, относятся линейный дискриминантный анализ, метод главных компонент, независимый факторный анализ. Основа всех методов базирующихся на анализе глобальных признаков заключается в том, чтобы построить некое разбиение многомерного пространства, разделив области, принадлежащие разным людям. Это позволит определить, к какому из  $N$  классов образов принадлежит новое изображение, т.е. который из  $N$  человек изображен на нём. К ним относятся:

- линейный дискриминантный анализ (ЛДА);
- метод главных компонент;
- общие дискриминантные вектора (ОВД).

Для того, чтобы выяснить целесообразность применения описанных методов в подсистеме идентификации личности, был выполнен отбор наиболее перспективных из них, после чего произведено сравнение с точки зрения точности распознавания, быстродействия, вычислительной сложности (данный критерий может показать потенциал данного метода с точки зрения получения выигрыша при распараллеливании) и устойчивости к мимике, так как изменение последней неизбежно при захвате кадров в различные моменты времени. Сравнению подвергались следующие методы:

- метод, основанный на сравнении эластичных графов;
- метод главных компонент;



- метод, использующий нейронные сети;
- основанный на признаках Хаара метод Виолы-Джонса.

Следует отметить, что в существующих источниках приведены данные по производительности данных методов, полученные на различном оборудовании, а сами методы являются сложными и многоэтапными. В связи с этим некоторые характеристики затруднительно сравнить напрямую, поэтому для быстродействия и вычислительной сложности было решено указать относительную качественную характеристику, позволяющую лишь оценить, являются ли методы по критериям примерно эквивалентными или отличаются сильно либо слабо в большую или меньшую сторону. Полученные результаты сравнения приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнение алгоритмов распознавания лиц [5].

Метод	Точность распознавания	Влияние мимики на точность распознавания	Время распознавания	Вычислительная сложность
Гибкого сравнения на графах	~90%	низкое	++	++
Главных компонент	~90%	высокое	+	+
Нейронные сети	>90%	низкое	+	+
Виолы-Джонса	>90%	низкое	+	+

*Примечание:* количеством знаков «+» отмечается степень различия для критерия.

Учитывая вышеизложенное, представляется, что перспективным может являться создание гибридных методов, использующих преимущества и нивелирующих недостатки рассмотренных выше различных частных подходов.

Одним из вариантов такого гибрида является использование метода Виола-Джонса для распознавания присутствующих лиц в кадре, а данный метод относится к классу методов, базирующихся на моделировании изображения лиц. Используя данный алгоритм, подсистема будет получать фрагменты изображения, содержащие исключительно набор лиц. После чего выполняется задача распознавания, для которой целесообразно использовать метод главных компонент.

Последовательность работы такого решения заключается в пошаговом применении обоих алгоритмов. Перед началом распознавания алгоритм обучения наполняет базу данных признаками, изъятими из тестовых изображений. Далее алгоритм распознавания ищет объекты на разных масштабах изображения, используя созданную базу данных. Алгоритм Виолы-Джонса на выходе дает всё множество найденных необъединенных объектов на разных масштабах. Следующая задача – принять решение о том, какие из найденных объектов действительно присутствуют в кадре, а какие – дублируются.

В качестве признаков для алгоритма используются признаки Хаара. Каждая маска характеризуется размером светлой и темной областей, пропорциями, а также минимальным размером. Признаки Хаара дают точечное значение перепада яркости по оси X и Y соответственно. Поэтому общий признак Хаара для распознавания лиц представляет набор двух смежных прямоугольников. Значение признака вычисляется по формуле:

$$F = X - Y \quad (1)$$

где  $X$  – сумма значений яркостей точек, закрываемых светлой частью признака;  
 $Y$  – сумма значений яркостей точек, закрываемых темной частью признака.



Подсчет сумм значений интенсивностей для каждого признака потребует больших затрат вычислительных ресурсов. Использование интегрального представления частично решает данную проблему.

Интегральное представление можно представить в виде матрицы, размеры которой совпадают с размерами исходного изображения, где каждый элемент  $IntegImg(x,y)$  рассчитывается по формуле:

$$IntegImg(x,y) = \sum_{r=0, c=0}^{r \leq x, c \leq y} Img(r,c) \quad (2)$$

где  $Img(r,c)$  – яркость пиксела исходного изображения.

Каждый элемент матрицы представляет собой сумму пикселей в прямоугольнике от  $(0, 0)$  до  $(x, y)$ . Расчет такой матрицы занимает линейное время. Такое представление позволяет быстро рассчитывать признаки Хаара для изображения как в обучении, так и распознавании.

На вход алгоритму поступает изображение размером  $W \times H$ , где  $Img(r,c)$  – яркостная составляющая изображения. Результатом работы алгоритма является множество прямоугольников  $R(x,y,w,h)$ , определяющих положение лиц в исходном изображении. Алгоритм сканирует изображение на нескольких масштабах, начиная с базовой шкалы: размер окна  $24 \times 24$  пикселя и 11 масштабов, при этом увеличивая каждый следующий уровень в 1,25 раза размер окна.

Для уменьшения времени работы алгоритма введено понятие каскада классификаторов. Вместо последовательного применения каждой функции к фрагменту изображения, функции группируются в различные стадии классификаторов. Полученные классификаторы будут применены один за другим. Как правило, первые классификаторы содержат меньшее количество функций. Применение классификатора к фрагменту изображения позволяет выявить признаки наличия лиц в кадре, если таковы не обнаружены, то скользящее окно продолжает движение. Если же были выявленные признаки, то применяется последующий классификатор для повышения точности определения. Фрагмент изображения, которой проходит все стадии, будет принят в качестве области, содержащей лицо.

В результате захвата лиц будет получена область изображения, которую можно использовать для решения задачи распознавания. Для хранения в БД ко всем изображениям применяется метод главных компонент; после захвата определенных лиц необходимо сравнить их с хранящимися в базе данных изображениями. Для того чтобы не нагружать систему, необходимо уменьшить объем изображения и исключать из них избыточную информацию.

Метод главных компонент [6] является одним из вариантов решения описанной проблемы. Он позволяет уменьшить объем данных, не теряя при этом необходимую информацию. Он заключается в линейном ортогональном преобразовании входного вектора  $V$  размером  $N$  в выходной  $E$  размером  $M$ , где  $M < N$ . Компоненты полученного вектора являются некоррелированными, общая дисперсия после преобразования остаётся неизменной.

Для изображения с областью лиц вычисляются его главные компоненты. Процесс распознавания заключается в сравнении главных компонент полученного изображения с уже имеющимися. В случае применения классификатора, основанного на вычислении какой-либо метрики расстояния (Евклидово, Махаланобиса [7]), из базы данных выбираются изображения, имеющие наименьшее расстояние от входного изображения. При этом новый набор признаков может быть добавлен в БД для дальнейшего использования. Процесс сохранения признаков в БД состоит из следующих этапов:



1. Преобразование исходного изображения в полутоновое.
2. Применение метода Виолы-Джонса.
3. Извлечение признаков лиц.
4. Сохранение извлеченных признаков в БД.

### Выводы

Для решения поставленной задачи идентификации личности были проанализированы функции, необходимые для работы данной системы, а именно функция определения и функция распознавания лиц. Данные компоненты чрезвычайно важны и являются основополагающими, от скорости и качества которых зависит работа системы в целом. Был выполнен сравнительный анализ существующих методов, позволяющих реализовать данные функции. Выявлены положительные и отрицательные стороны каждой группы метод.

На основе результатов анализа предложено решение, которое комбинирует использование метода Виола-Джонса для определения лиц в кадре с методом главных компонент для вычисления признаков изображения, что должно обеспечить высокую скорость распознавания и низкую вероятность ложного срабатывания.

Данное решение основано на том, что для большинства современных систем автоматического распознавания лиц основной задачей является задача сравнения заданного изображения с набором изображений лиц из базы данных. Характеристики систем автоматического распознавания лиц в этом случае оцениваются путем определения вероятностей ошибочного отказа в распознавании и ошибочного распознавания. И предложенный вариант решает эти основные задачи, так как он позволяет хранить в удобном формате информацию (набор признаков), а также имеет возможность быстро и точно определять наличие лиц в кадре при помощи использования каскада признаков.

Направлением дальнейших исследований является задача выбора наиболее подходящего кадра из видеопотока для последующей его обработки.

### Литература

1. Распознавание лиц [электронный ресурс] Википедия – свободная энциклопедия: [сайт]. [2016]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Распознавание\\_лиц](https://ru.wikipedia.org/wiki/Распознавание_лиц)
2. Кудряшов П. П. Алгоритмы обнаружения лица человека для решения прикладных задач анализа и обработки изображений: кандидат технических наук. Волгоградский гос. технический университет, Волгоград, 2007.
3. Мясников В. В. Методы обнаружения и распознавания объектов на цифровых изображениях: учеб. пособие. / В. В. Мясников, Н. И. Глумов, В. В. Сергеев. – Самар.: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та; 2006. – 168 с.: ил.
4. Алгоритм Виолы-Джонса [электронный ресурс] Википедия – свободная энциклопедия: [сайт]. [2016]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод\\_Виолы\\_—\\_Джонса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_Виолы_—_Джонса)
5. Забашта А. Ю., Хохлов С. А., Скоритоква С. А. Анализ существующих алгоритмов распознавания лиц. //Серия: Естественные и технические науки №7-8 – август 2017
6. Метод главных компонент [электронный ресурс] Википедия – свободная энциклопедия: [сайт]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод\\_главных\\_компонент](https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_главных_компонент)
7. Расстояние Махаланобиса [электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия: [сайт]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Расстояние\\_Махаланобиса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Расстояние_Махаланобиса)

УДК 004.9

## СТУДЕНЧЕСКОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЕ СООБЩЕСТВО

**Исайчик К. Ф.**

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина  
кафедра автоматизированных систем и принятия решений

E-mail: [k-isaichik@mail.ru](mailto:k-isaichik@mail.ru)

### **Аннотация:**

*Исайчик К. Ф. Студенческое предпринимательское сообщество. В данной работе рассмотрен вопрос необходимости поддержки развития бизнес-идей участников студенческого предпринимательского сообщества. После анализа ситуации на международном рынке и оценки сложности использования традиционных средств привлечения инвестиций, сделан вывод о необходимости разработки собственного решения, облегчающего данный процесс. Предложена концепция системы, которая облегчит стартапам привлечение инвестиций, а другим участникам студенческого сообщества даст возможность инвестировать и получать от этого выгоду, как материальную, так и вещественную. Также, в рамках данной работы указаны преимущества и недостатки участия в данном процессе. В качестве инструментария рассматриваются инновационные технологии краудфандинга.*

### **Annotation:**

*Isaychik K. F. Student's business community. In this paper, the issue of the need to support the development of business ideas of students of the business community is considered. After analyzing the situation on the international market and assessing the complexity of using traditional means of attracting investments, it is concluded that it is necessary to develop its own solution that facilitates this process. The concept of a system that facilitates start-ups to attract investment, and other participants of the student community to invest and benefit from this, both material and material, is proposed. Also, within the framework of this paper, the advantages and disadvantages of participation in this process are indicated. As an instrument, innovative techniques of crowdfunding are considered.*

### **Общая постановка проблемы**

В связи с быстрыми изменениями условий хозяйствования в мировой и национальной экономиках, большой научный интерес представляет изучение процесса самоорганизации и саморазвития в таких социально-экономических системах, как предпринимательские сообщества. Предпринимательское сообщество – совокупность экономических агентов, которые производят продукцию друг для друга или совместными усилиями, а также деятельность каждого агента дополняется деятельностью других агентов этой же совокупности. Особый интерес представляют студенческие предпринимательские сообщества, так как с одной стороны это одни из незащищенных слоев населения, наиболее подверженные влиянию экономической нестабильности, а с другой стороны пылкий молодой ум имеет больше преимуществ и возможностей для развития [1].

### **Студенческие предпринимательские сообщества**

Основа студенческого предпринимательского сообщества заключается в системе взаимных расчетов, которые имеют место быть в любой современной экономике. Такая система является довольно выгодной, в связи с тем, что позволяет нести меньшие затраты. Смысл заключается в том, что участники данной системы могут выступать и как поставщики, и как покупатели товара или услуги. Таким образом, неизбежно возникают встречные требования. На базе этих требований рассчитывается и оплачивается разница. Именно в этом заключается основная выгода подобного рода систем и сообществ.

Достаточно популярно и выгодно производить такие расчеты в локальной валюте. Местные валюты при своем использовании помогают значительно повысить уровень жизни населения и величину внутреннего социального капитала. Это происходит в связи с тем, что они принимаются только в обществе, где их использование поощряет покупку товаров и услуг местного производства и местных товаров. Таким образом, для любого уровня экономической активности приносится большая выгода местному сообществу. В мировой практике использовалось достаточно много систем с неклассическими средствами расчета: LETS, WIR, SEL и т. д [2]. Но в настоящий момент, безусловно, наибольшую популярность набирают криптовалюты, которые по своей сути также являются локальными платежными системами и позволяют участникам криптобиржи за определенные токены получать либо другую валюту, либо необходимые товары и услуги.

Подобную систему можно ввести и в студенческое сообщество, в котором и так постоянно происходит обмен различными услугами. Многие студенты, имея жизнеспособные бизнес-идеи, не могут себе позволить реализовать их в жизнь в связи с отсутствием необходимых и достаточных денежных средств. Привлекать инвестиции традиционными способами, такими как кредитование, облигационный заем, IPO, молодому стартапу также не по силам. В настоящее время существует ряд краудфандинговых платформ, которые позволяют любому человеку инвестировать и привлекать инвестиции [3].

### **Основная концепция проекта**

Для развития студенческого предпринимательского сообщества предлагается разработать платформу для привлечения инвестиций с помощью инновационных средств краудфандинга, т. е. создать локальную инвестиционную платформу для проведения ICO.

ICO (Initial coin offering) – инновационный способ привлечения инвестиций посредством продажи новых токенов, выпущенных разовой или ускоренной эмиссией [4]. На основании whitepaper (аналог инвестиционного меморандума) данные токены можно обменять на любую другую криптовалюту, получить услуги или продукты проекта, в который производятся инвестиции. Привлекательная же сторона тратит вырученные средства на развитие своей бизнес-идеи.

Предлагается реализовать локальную университетскую инвестиционную платформу, участниками которой может стать любой представитель студенческого сообщества. Организатор данной платформы будет проводить ICO студенческим проектам, изъявившим желание. На рис. 1 представлена планируемая схема взаимодействия участников данного процесса. Схема взаимодействия: до начала реализации деятельности по проведению ICO необходимо реализовать свою инвестиционную платформу, оператора которой, в соответствии с новыми законопроектами «О цифровых финансовых активах» и «Об альтернативных способах привлечения инвестиций (краудфандинге)», необходимо зарегистрировать в реестре операторов Банка России. Далее заказчик – группа студентов изъявляет желания провести ICO для реализации своего стартапа. Оператор проводит скрининг проекта и в случае, если проект не является заведомо провальным, принимает его и заключает с заказчиком договор краудфандинга. Далее оператором составляется бизнес-план и инвестиционный меморандум, проводятся маркетинговые и PR кампании для подогрева интереса у потенциальных инвесторов, которыми могут являться не только студенты Уральского федерального университета. Параллельно с этим происходит эмиссия токенов и создание смарт-контракта [5], на основании которого и будет происходить продажа токенов и исполнение договоренностей, и в момент старта ICO инвесторы через свои цифровые кошельки на инвестиционной платформе обменивают криптовалюту или фиатные деньги на новые токены. Заказчик получает вырученные средства и комиссию отдает оператору. Оператором может служить выделенное в университете подразделение или созданная дочерняя организация.

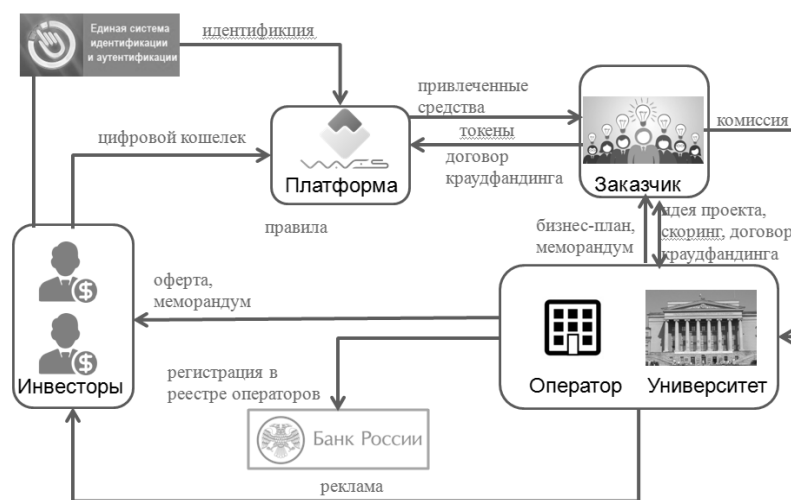


Рисунок 1 – Схема взаимодействия участников платформы

В обоих случаях Университет является гарантом сделки и за счет своего имиджа позволяет расположить потенциальных инвесторов. Безопасность транзакций между участниками обеспечивается посредством использования blockchain технологии, которая сохраняет транзакции в виде последовательных зашифрованных блоков, и код каждого последующего содержит в себе код каждого предыдущего блока, таким образом, если в один из блоков будут внесены изменения, то это можно будет отследить, хотя и сделать это практически невозможно.

### Выгода участников

Данный способ привлечения инвестиций является довольно выгодным для всех участников процесса. Для оператора инвестиционной платформы основная выгода заключается в комиссионном вознаграждении за организацию коллективного розничного финансирования.

Интерес инвесторов заключается в облегчении участия в коллективном финансировании в микродолях без необходимости заключения договоров с профучастниками РЦБ, открытия счетов и т. д.

Для лица, привлекающего инвестиции (студенческого стартапа) выгоду представляет облегчение процедуры финансирования проекта, снижение порога вхождения в данный процесс и снижение раскрытия информации: требуется только бизнес-план и инвестиционный меморандум, требования к которому не установлены.

Однако существует существенный риск, который кроется в отсутствии законодательного регулирования в Российской Федерации. В марте в Государственную Думу уже были внесены законопроекты, регулирующие отношения в данной сфере: «О цифровых финансовых активах» [6] и «Об альтернативных способах привлечения инвестиций (краудфандинге)» [7].

### Анализ рынка

Проанализировав рынок был сделан вывод, что данное направление является очень актуальным и популярным в настоящее время. На рис. 2, 3 представлена статистика привлечения средств и проведения ICO за 2017 год. Из представленных данных видно, что данная услуга с каждым месяцем набирает все большую популярность и является достаточно востребованной на мировом рынке. На текущий момент в мировой практике существует огромное количество примеров проектов, привлекающих инвестиции с помощью ICO [9]. Часть из них успешные, какие-то потерпели неудачу. Особенно хочется выделить два наиболее популярных в России проекта, которые проводились буквально в 2017-2018 годах.

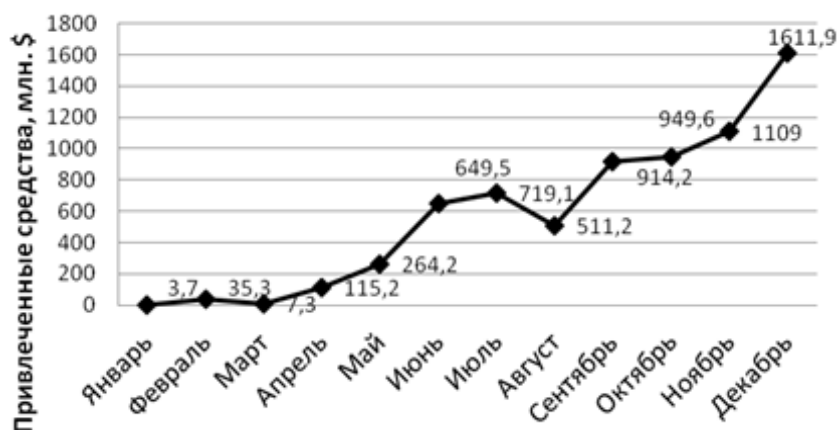


Рисунок 2 – Динамика привлеченных средств за 2017 год на мировом рынке [8]

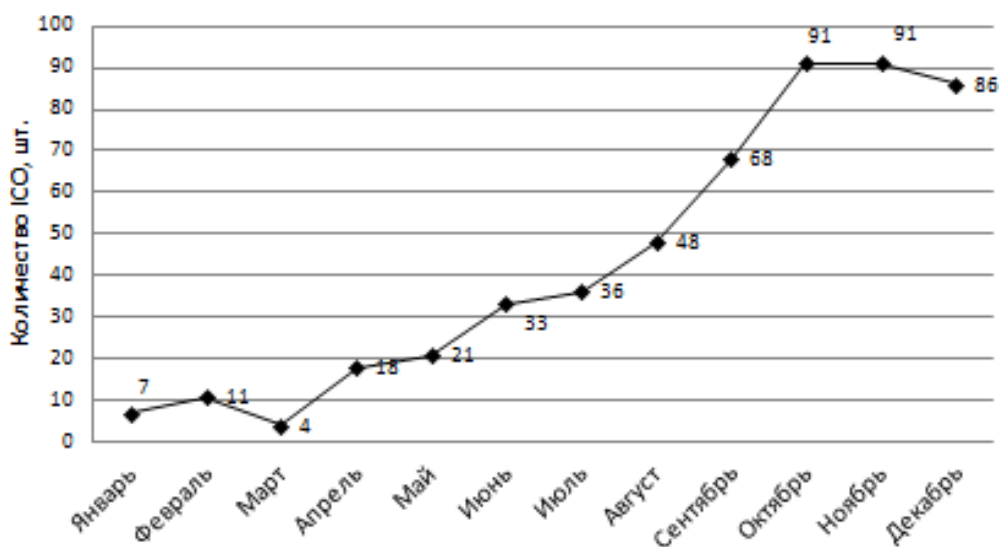


Рисунок 3 – Динамика количества проведенных ICO за 2017 [8]

Одним из таких проектов является проект Череповецкого трубопрокатного завода, а вторым – проект Telegramm Павла Дурова, который буквально за два этапа pre-ICO, то есть без размещения токенов на публичную продажу, привлек порядка полутора миллиарда долларов. Подробнее остановимся на проекте Череповецкого трубопрокатного завода, который привлек инвестиции в реорганизацию производства, путем выпуска криптовалюты Zavodcoin на блокчейн-платформе. Юрисдикция проекта не Россия, так как на текущий момент в нашей стране отсутствует государственное регулирование. В рамках ICO планировалось привлечь средства в объеме 3,5 миллионов долларов на строительство первой производственной линии. Высокий спрос со стороны инвесторов позволил привлечь 7,07 миллионов долларов от 3955 инвесторов. Поэтому после проведения ICO завод пустил средства на запуск двух производственных линий. Сроки окончания строительства и запуска намечены на весну 2018 года.

Размещенный в ходе ICO токен по блокчейн-платформе Waves можно передавать и торговать им на бирже. В ходе ICO инвесторы могли вносить средства в различных валютах: биткоин, лайткоин, эфириум и другие. В основу токена ZrCoin заложена стоимость одного килограмма диоксида циркония. Предполагается, что после запуска производства токены будут выкупаться у инвесторов по рыночной цене производимого продукта. ZrCoin поступил в продажу при старте ICO по цене 1,40 доллар при рыночной цене диоксида циркония 2,8 доллара за 1 кг. К завершению ICO стоимость токена постепенно увеличивалась до 1,55 доллара [10].



### Выводы

В настоящее время прослеживается тенденция спада активности участников студенческого предпринимательского сообщества. Чаще всего это связано с невозможностью реализовать свой потенциал и локальных систем взаимобмена уже становится мало, так как их возможности достаточно ограничены.

В ходе работы был проведен обзор уже имеющихся традиционных решений, позволяющих привлечь инвестиции для реализации проектов участников студенческого сообщества и выявлен их общий недостаток - сложная процедура получения инвестиций и недостижимый порог вхождения.

В качестве альтернативного и облеченного варианта традиционных способов привлечения инвестиций в проекты предлагается использовать ICO (первичное размещение токенов). На основании рассмотренного положительного опыта проведения ICO и планируемых законодательных изменений предлагается создать оператора инвестиционной платформы, который будет проводить ICO и предоставлять услуги скоринга.

На рынке существует достаточно большое количество успешных примеров, у которых можно перенять положительный опыт, а рассматриваемые законопроекты, после их принятия, значительно снизят риски и для инвесторов, и для сторонних организаций, проводящих ICO. Появится регулирование, которое сделает данный процесс более системным и прозрачным и даст возможность на международных биржах привлекать не только инвестиции отечественного бизнеса.

### Литература

1. Вахромов Е. Н., Ковбас А. П. Предпринимательская сеть как объективный результат эволюции форм предпринимательской деятельности. Астрахань, 2006, - 142 с.
2. Бернар А. Лиетар. Будущее денег: новый путь к богатству, полноценному труду и более мудрому миру – М.: КРПА Олимп: АСТ: Астрельб 2007
3. О мерах по повышению инвестиционной привлекательности и бюджетной обеспеченности муниципальных образований: аналит. записка Всерос. совета местного самоупр. // Муницип. власть. – 2013. – № 1. – С. 42
4. Никифорова В., Волкова Е., Макарова В. А. IPO – путь к биржевому рынку. / Практическое руководство по размещению ценных бумаг, Самара: Питер, 2008.
5. Кочаргин С. О текущих трендах в развитии технологии блокчейн // Свободная мысль. 2016. №4(1658). С.31-38.
6. Законодательный проект «О цифровых финансовых активах», 20.03.2018
7. Законодательный проект «Об альтернативных способах привлечения инвестиций (краудфандинге)», 20.03.2018
8. Корнилов Д., Зайцев Д., Евдокимов Н., Райцин М., Бабаев А., Генерова Д. Ежемесячный анализ рынка криптовалют и ICO. Режим доступа: <https://anycoin.news/2018/03/08/crypto-ico/>
9. Попов В. А. ICO. Сущность, проблемы, закон//Электронное издание, 2018 – 50 с.
10. Алекс Тапскотт, Дон Тапскотт «Технология блокчейн – то, что движет финансовой революцией сегодня»/ Эксмо, 2017 – 448 с.

УДК 004.421, 658.5.012.011.56

## УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ПУТЁМ РАСШИРЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕГО УЧАСТКА ТРАНСПОРТИРОВКИ

Сноведский И. В.\*, Достлев Ю. С.\*, Лобзенко П. В.\*\*

\* Донецкий национальный технический университет  
кафедра компьютерной инженерии

\*\* Донской государственной технической университет  
Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове  
E-mail: [ilyasnow1@gmail.com](mailto:ilyasnow1@gmail.com)

### *Аннотация:*

*Сноведский И. В., Достлев Ю. С., Лобзенко П. В. Увеличение производственной мощности путём расширения существующего участка транспортировки. Изучен процесс расширения производственной линии на основе реальных условий. Исследованы методы включения дополнительных возможностей в уже существующую транспортную инфраструктуру. Разработана программа для исключения коллизий при комбинировании транспортных путей.*

### *Annotation:*

*Snovedskiy I. V., Dostlev Yu. S., Lobzenko P. V. Increasing production capacity by expanding existing transportation lines. The process of expanding the production line on the basis of real conditions is studied. The methods of including additional functionality in the existing transport infrastructure are investigated. A program to eliminate collisions when combining transportation lines is developed.*

### **Анализ технологических процессов контроля и учёта готовой продукции на участке транспортировки упаковочной тары**

Участок располагается на выходе автоматического упаковочного станка, выдающего компактные блоки картонной продукции, и заканчивается подачей транспортируемых блоков на вход автоматической обёрточной машины перед перевозом их на склад. Сам участок состоит из системы конвейеров и лифтов для перемещения блоков между контрольными точками производственного процесса. Общая структура участка на начало анализа представлена на рис. 1. В момент прохождения блока через промежуточный однонаправленный конвейер (рис. 1) оператор данного участка останавливает конвейер для проведения ручных манипуляций над блоком с целью подготовки к его подаче на вход следующей машины. Перемещение блока до и после этого момента осуществляется автоматически программируемым логическим контроллером на основе определения текущей позиции перемещаемого блока лазерными сенсорами в составе данной системы.

Задача состоит в расширении данного участка для включения дополнительной машины-источника блоков готовой продукции. Главная проблема состоит в синхронизации работы промежуточных однонаправленных (рис. 2 элементы 2 и 3) и мультинаправленного (рис. 2 элемент 1) конвейеров для корректной передачи блоков на выход с избеганием коллизий.

От алгоритма требуется определять наличие на одном из входных в Т-перекрёсток конвейеров 2, 3 готового к транспортировке блока, переводить мультинаправленный конвейер 1 в соответствующий режим направления транспортировки и задавать задержку на менее приоритетном конвейере в случае наличия готового блока на двух конвейерах одновременно. Наличие лазерных сенсоров на подходах и на выходе из мультинаправленного конвейера 1 позволяет точно и с запасом по времени определять местоположение прибывающих блоков для избегания коллизий.

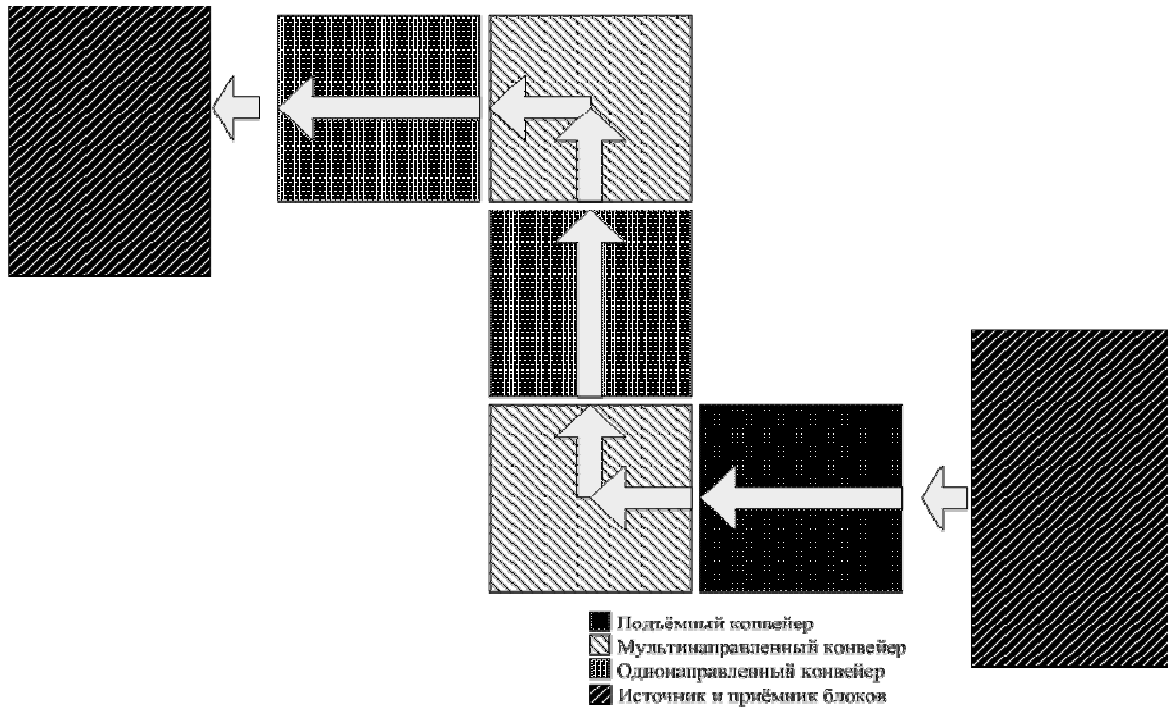


Рисунок 1 – Общая структура участка на начало анализа

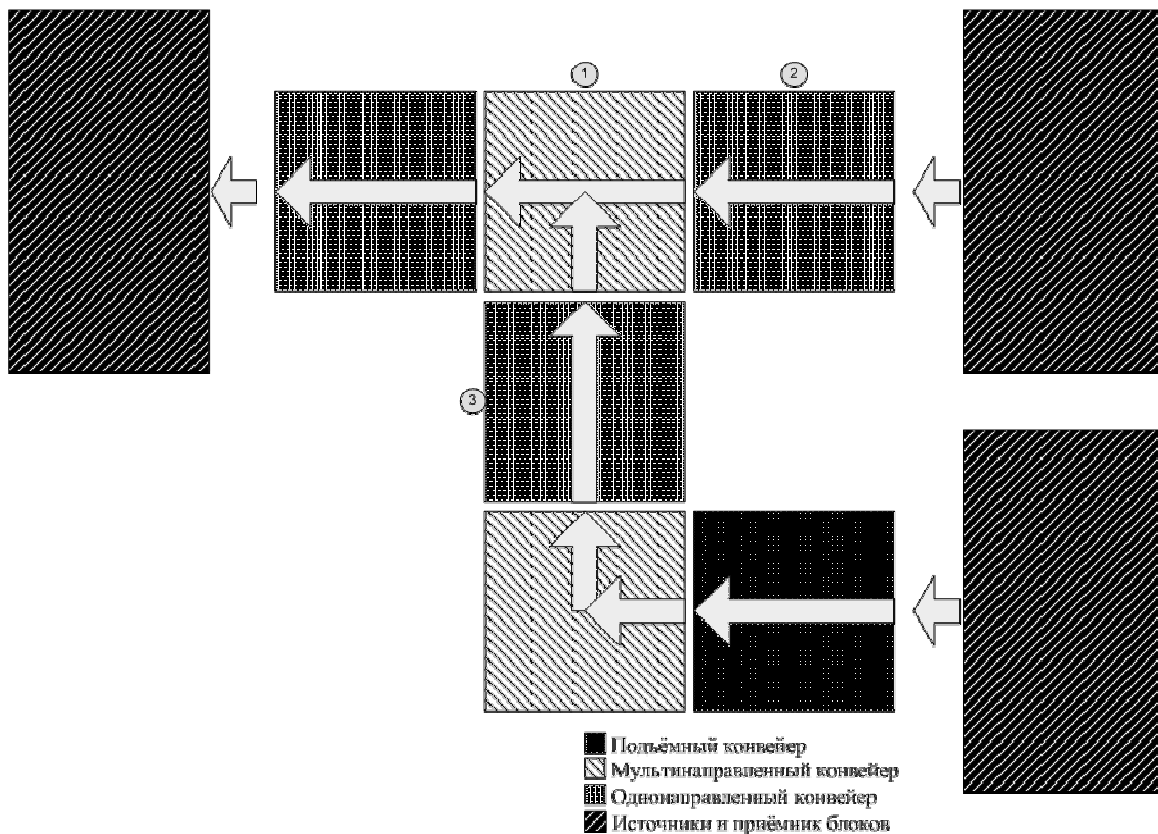


Рисунок 2 – Ожидаемая общая структура участка на конец работы

На данном этапе целесообразно включить систему автоматического учёта количества произведённой продукции и заноса данной информации в бухгалтерскую таблицу, связанную с данным продуктом. Производить счёт продукции наиболее уместно на выходе из данного участка, т.е. последним датчиком перед выходным однонаправленным конвейером.

### Структура аппаратных средств системы автоматизации процесса

Списки исполнительных механизмов, лазерных и механических датчиков, контролируемых программируемым логическим контроллером, представлены в табл. 1-2.

Таблица 1 – Перечень исполнительных механизмов

Исполнительный механизм	Обозначение	Логические входы
Подъёмный конвейер	CM5-1, CM5-2	Y018, Y019, Y020, Y021
Мультинаправленный конвейер	CM1-1, CM1-2, CM1-3, CM4-1, CM4-2, CM4-3	Y002, Y003, Y004, Y005, Y006, Y007, Y012, Y013 Y014, Y015, Y016, Y017
Однонаправленный конвейер	CM0, CM2, CM3	Y000, Y001, Y008, Y009, Y010, Y011

Таблица 2 – Перечень лазерных и механических датчиков

Датчик	Логический выход
LS1-1	X000
LS1-2	X001
LS2	X003
LS3	X004
LS4	X005
LS5	X007
SV1	X002
SV4	X006

Вычислительный блок представлен в виде ПЛК Mitsubishi FX3G-60M, поддерживающего 36 логических входов и 24 логических выходов. Данный проект использует максимум 22 логических выхода, значит нет необходимости в дополнительном блоке расширения. Исполнительные механизмы управляются ПЛК через инвертор, все датчики подключаются к ПЛК напрямую (рис. 3).

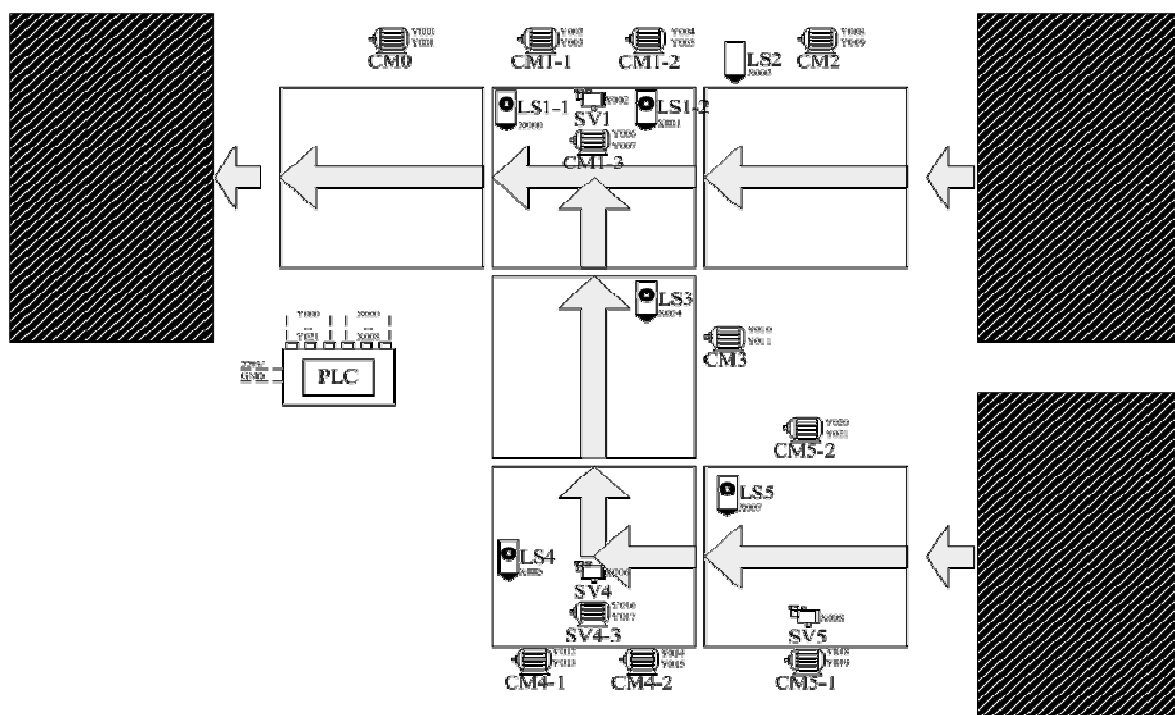


Рисунок 3 – Схема исполнительных механизмов и датчиков

Алгоритм расширения функций системы автоматического учёта готовой продукции приведен на рис. 4.

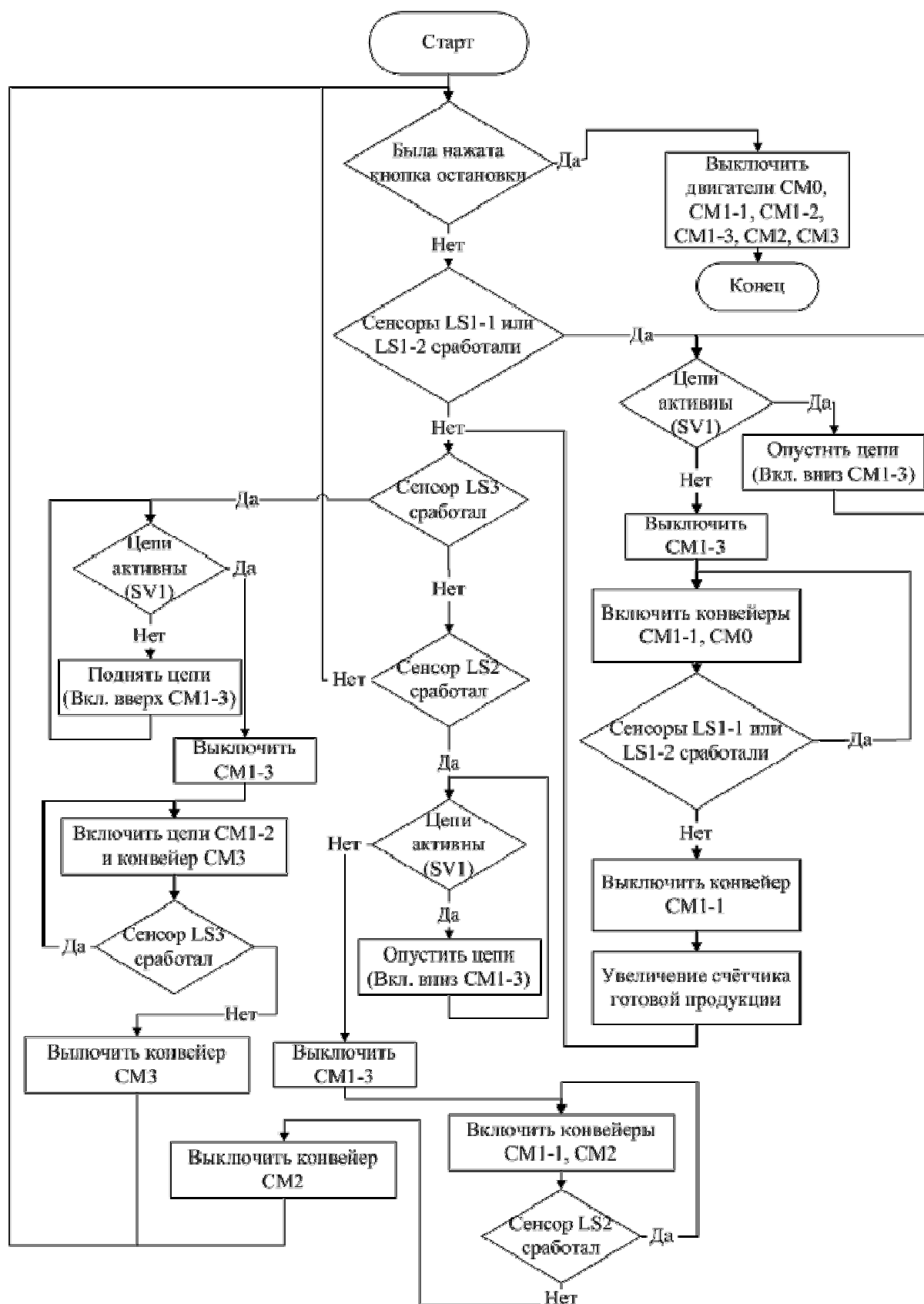


Рисунок 4 – Алгоритм расширения функций системы



Избегание коллизий при объединении двух транспортных линий производится постоянными проверками обнаружения лазерными датчиками транспортируемого блока на мультинаправленном конвейере, а также установкой приоритетов входящим линиям с целью избегания коллизии сразу после освобождения центрального участка. В данном случае высший приоритет получает уже существующая транспортная линия, так как, в силу существующих условий она имеет меньше физического места для простоя и близости к рабочему месту технического рабочего.

При выводе блока готовой продукции с участка перекрёстка используются двигатели обеих конвейеров СМ0 и СМ1-1 для более надёжной транспортировки блока к приёмнику. После окончания транспортировки блока двигатель СМ1-1 выключается данной программой, а выключение СМ0 и дальнейшее управление транспортировкой блока возлагается на уже существующую часть системы, которую данная программа дополняет.

Модуль счёта пройденной продукции активируется, когда транспортируемый блок покидает участок, объединяющий две входные линии, так как после этого блок автоматически направляется на склад и может быть засчитан в электронную бухгалтерскую книгу. Подключение к отчётной таблице производится через Ethernet используя локальную сеть или глобальную сеть Internet.

### **Выводы**

Интеграция новых возможностей в уже существующие решения – экономически выгодная и, соответственно, распространённая практика среди предпринимателей любого типа. В отличие от создания желаемых решений с нуля работа на существующей основе имеет значительное количество задач и трудностей, не обнаруживаемых при изначальном анализе задачи, такие как аппаратная совместимость и не задокументированные особенности программных решений предшествующих инженеров.

В данной работе была разработана программная оболочка УМПС, рассчитанная на работу в специфических условиях, которые заметно отличаются в зависимости от предприятия, что значительно сужает область её применения. При возникновении подобной ситуации, задачи которой данная программа разработана решать, использовать её без изменений является крайне маловероятной возможностью. Несмотря на это, данная программа представляет общий алгоритм синхронизации двух и более транспортных путей с последующим подсчётом транспортированных единиц.

### **Литература**

1. GX IEC Developer. Система программирования и документации. Руководство по курсу обучения. – MITSUBISHI ELECTRIC Industrial Automation, 12.12.2008 Версия А
2. Схема Электрическая, TAIWAN ENDURANCE CO., LTD.
3. MELSEC серии FX3G/FX3U/FX3UC. Программируемые логические контроллеры. Руководство по эксплуатации. Аналоговые модули ввода, Аналоговые методы вывода, Комбинированные аналоговые модули ввода/вывода, Модули регистрации температуры. – MITSUBISHI ELECTRIC Industrial Automation, Артикул №212631 Версия В, 26.04.2012г
4. Семейство FX, Программируемые логические контроллеры. Самый успешный компактный контроллер в мире. ARC Advisory Group 2004, Mitsubishi Electric Factory Automation.
5. Руководство Пользователя – I/II. Аппаратура и Инструкции. FATEK FBs, FATEK © FATEK AUTOMATION CORPORATION, 04/2007.

УДК 005.3, 33.012.23, 624

## УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ СУБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНОГО РЫНКА

Медведева М. А., Стрелина С. И.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»

E-mail: [strelinas@yandex.ru](mailto:strelinas@yandex.ru)

### **Аннотация:**

*Медведева М. А., Стрелина С. И. Управление взаимодействием субъектов строительного рынка. В статье анализируются ключевые особенности управления взаимодействием субъектов строительного рынка. На основании обозначенных проблем автором предлагаются перспективные направления моделирования предпринимательства в строительном секторе.*

### **Annotation:**

*Medvedeva M. A., Strelina S. I. Management of subjects interaction on the construction market. The article analyzes the key features of management of interaction between the subjects on the construction market. Based on the identified problems, the author offers perspective directions for modeling entrepreneurship in the construction sector.*

### **Введение**

В настоящее время вопросы развития строительного сектора играют исключительно важную роль в экономике Донецкого региона. В строительном секторе взаимодействует большое количество различных субъектов:

- научно-исследовательские и проектные организации;
- архитекторы – субъекты предпринимательской деятельности;
- производители и поставщики строительных материалов;
- строительные и строительного-монтажные компании;
- инжиниринговые и инженерно-консалтинговые фирмы;
- потребители конечной продукции.

Исходя из этого, диагностика их взаимоотношений является важной частью эффективного управления строительным сектором.

Эффективность производства и развитие современных предприятий во многом определяется степенью их адаптации к изменениям, происходящим во внешней и внутренней среде, а также способностью к взаимодействию с другими субъектами рынка [1]. Процессы, характеризующие отечественную экономическую ситуацию, часто не вписываются в рамки общепринятой теории, поэтому для решения возникающих в этих условиях задач от предприятия требуется поиск новых нестандартных решений и подходов.

Важнейшей задачей для современного предприятия (как коммерческого, так и производственного) является взаимодействие с другими субъектами для перехода к выпуску конкурентоспособной продукции с применением передовых технологий, прогрессивного оборудования, лучших методов организации труда.

Взаимодействие рыночных субъектов становится ключевой проблемой современной экономики. В данный момент актуальным стало стратегическое объединение предприятий посредством выстраивания между ними долгосрочных связей [2, с. 51].

Следует учитывать, что наиболее эффективным видом взаимосвязей в строительном секторе является горизонтальная интеграционная цепь, иерархический подход, а также принцип синергетики.

### **Разработка системы взаимодействия строительного рынка**

Специфика функционирования строительного сектора экономики основана как на общих для всех отраслей особенностях капитального строительства (зависимость от земельного фактора, длительные сроки возведения, большие затраты на капитальные вложения и т. д.), так и на специфических – отраслевых (рабочие кадры, профильные организации и НИИ, производство строительных материалов, машин и оборудования).

Как и другие отрасли экономики строительная отрасль крайне чувствительна к кризисным явлениям, таким как нехватка инвестиций, инфляция, сокращение численности кадров, что влечет за собой большое количество трудностей в функционировании данной сферы.

Таким образом строительный рынок – это открытая организационно-хозяйственная система, которая позволяет субъектам рынка (инвесторам, заказчикам, подрядчикам, проектным организациям, предприятиям промышленности строительных материалов и др.) взаимодействовать для достижения экономических выгод и благ [3].

Одним их немаловажных факторов в работе строительного рынка в современных реалиях, является наличие соответствующей информационной системы, так как в данный момент информация необходимая всем участникам строительного рынка либо недоступна в принципе, либо сильно разрознена и не дает четкой картины.

Необходимая информация о наличии и количестве, номенклатуре и ассортименте, ценах, потребительских и технологических свойствах продукции, работ и услуг должна быть четко структурирована и доступна и органам управления, и предприятиям.

Итак, очевидна актуальность создания информационной системы строительного рынка, которая бы максимально оперативно отражала бы номенклатуру производимых и потребляемых строительных материалов, изделий, конструкций, строительных машин и механизмов, учитывала бы спрос и предложение на проектную и строительную продукцию (рис. 1).

Внедрение новых технологий, изменение требований рынка обуславливают необходимость соответствующих изменений строительного производства. Однако развитие организации и финансово-экономическое управление в строительстве отстает по темпам от внедрения новых технологий, что не дает желаемого результата.

Интеграция участников строительного сектора экономики в единую сеть на основе оптимизации материальных потоков и уменьшения затрат позволит повысить конкурентоспособность интегрированной системы и всех ее составляющих.

Формирование такой цепочки приемлемо, если результат производства удовлетворяет потребителя в среднесрочной, а лучше в долгосрочной перспективе, что можно отнести к целям финансовой стратегии интеграционной системы, но при этом реализуется на уровне участников. При формировании логистических систем в строительстве возникает необходимость использования концепции реинжиниринга.

Реинжиниринг позволяет охарактеризовать два основных строительных процесса: степень посредничества и степень сотрудничества. Кроме того, он предполагает такую организацию строительства, которая увеличивала бы степень сотрудничества (групповая работа, например, строительный пул) и уменьшала бы степень посредничества (последовательная взаимозависимость), то есть провозглашает отказ от разделения и специализации труда и планирует смещение центра тяжести к групповой работе.



Рисунок 1 – Главные задачи информационной системы строительного рынка

В последние годы становится актуален целевой, углубленный подход к управлению бизнес-процессами. И потребитель, и рынок становятся все более требовательными, а внешняя среда – все более комплексной, динамичной и неопределенной.

Конкурентные преимущества сегодня – гибкость, ограниченные сроки выполнения заказа, надежность и качество, возможность выбора.

Разработанная модель, показанная на рис. 2, может быть первым шагом компаний на пути постановки регулярного финансово-экономического и управленческого менеджмента, предшествовать этапам проведения стратегического планирования, организационного и финансового моделирования, управленческого учета и отчетности, то есть являться исходной базой для постановки вышеречисленных технологий управления.

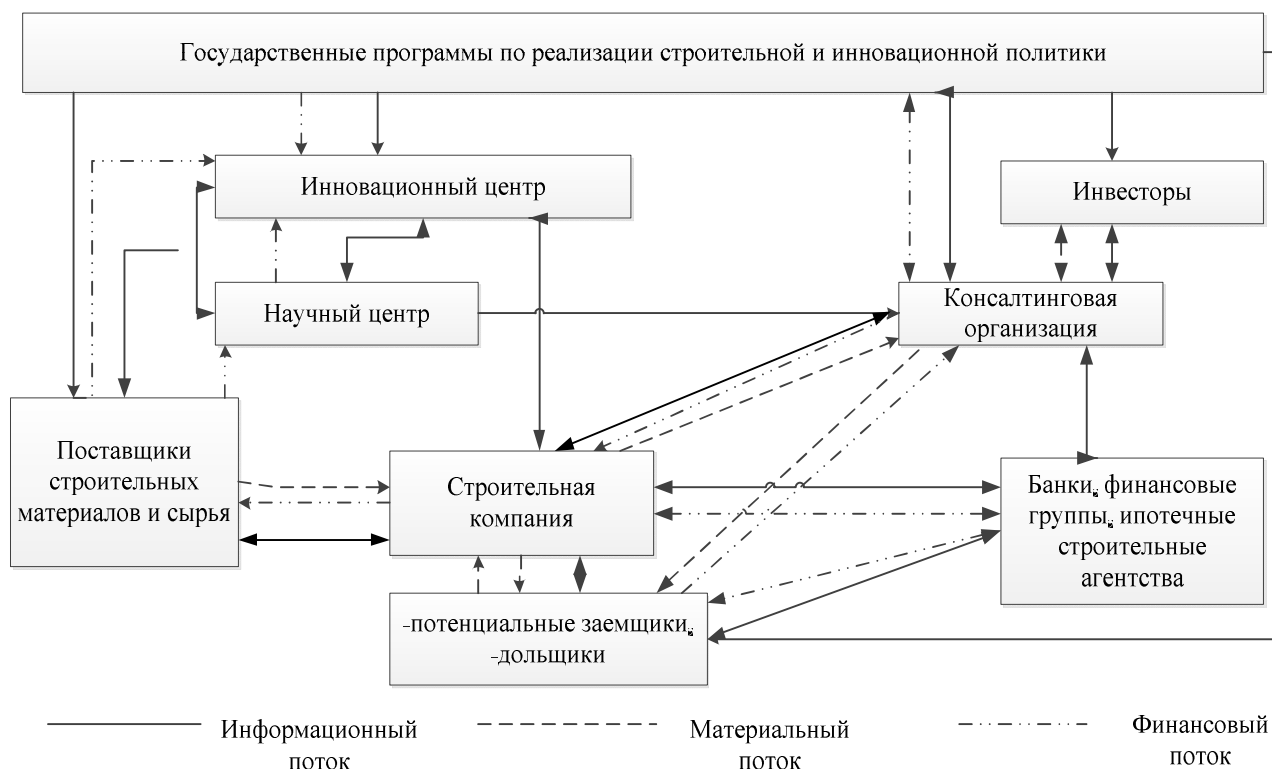


Рисунок 2 – Схема координации взаимосвязей в строительном секторе

### Вывод

Подводя итоги, следует заметить, что применение категории «взаимодействие» в экономическом научном знании означает не только углубление теоретической базы науки, но и овладение современной прогрессивной методологией, ставшей уже достоянием других наук. Именно междисциплинарные подходы в настоящее время являются наиболее приемлемыми, что приводит к необходимости их развития в системе экономических наук.

Также важно указать, что построение и дальнейшее использование модели взаимодействия в строительном секторе экономики способно как усилить достоинства, так и нивелировать недостатки экономических показателей и принятия решений на предприятии в данном секторе экономики. Такие потенциальные возможности вытекают из самой экономической природы взаимодействия, инструментарий которого позволяет достичь сопряжения финансово-экономических интересов всех участников строительного процесса.

### Литература

1. Перский, Ю. К. Конкурентная среда регионального отраслевого рынка: методы и модели / Ю. К. Перский, Е. Е. Жуланов. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2005. – 305 с.
2. Минцберг, Г. Школы стратегий / Г. Минцберг, Б. Альстрэнд, Д. Лэмпел. – СПб.: Питер, 2000. – 349 с.
3. Асаул, А. Н. Государственное предпринимательство в строительстве / А. Н. Асаул, В. А. Кощев. — М.: АНО «ИПЭВ», 2009. – 300 с.



УДК 004.45

## УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВАНИИ МЕТОДОЛОГИИ SCRUM (AGILE)

**Божко Ю. О., Чепуров Е. Г.**

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
институт «Высшая школа экономики и менеджмента»  
кафедра анализа систем и принятия решений  
E-mail: [yulya\\_bozhko@mail.ru](mailto:yulya_bozhko@mail.ru)

### **Аннотация:**

**Божко Ю. О., Чепуров Е. Г. Управление разработкой программного продукта на основании методологии Scrum (Agile).** Рассмотрены ключевые принципы и подходы методологии Agile. Проанализированы методологии, основанные на ценностях и принципах, заявленных в Agile Manifesto, определены особенности методологии Scrum. Рассмотрено понятие качества продукта, приведены стандарты качества программного обеспечения.

### **Annotation:**

**Bozhko Y. O., Chepurov E. G. Managing a software product development based on the Scrum (Agile) methodology.** The principles and approaches of the Agile methodology are considered. Analyzed methodologies based on the values and principles stated in Agile Manifesto, specifics of the methodology Scrum. The concept of product quality is considered, the software quality standards are given.

### **Общая постановка проблемы**

Изучив государственную политику в отношении частного предпринимательства, можно отметить, что действующие программы финансовой и нематериальной поддержки ориентированы преимущественно на представителей малого и среднего бизнеса (МСП). Это объясняется тем, что государство заинтересовано в увеличении числа рабочих мест, снижении социального напряжения в условиях кризиса и пополнении государственного бюджета за счет прибыли предприятий малых форм, что составляет около 20 % ВВП [1]. Одним из путей организации малого бизнеса являются стартапы. Однако не каждый стартап успешно реализуется, приносит прибыль и приводит к желаемым результатам. Для эффективного развития стартапа необходимо выполнение ряда условий: правильно выбрать направление деятельности, создать команду из достаточного количества квалифицированных кадров, а так же, что наиболее важно, правильно организовать работу и взаимодействие в команде. Одним из перспективных и развивающихся направлений является разработка программного обеспечения. Существует множество методик управления разработкой ПО, для данного проекта была выбрана гибкая методология разработки Agile software development.

### **Методология Agile**

В общем виде методология Agile представляет собой совокупность методик и подходов к управлению разработкой программного обеспечения, основанных на следующих идеях, изложенных в официальном Agile-манифесте [2]:

- люди и взаимодействие важнее процессов инструментов;
- работающее приложение важнее сложной документации;
- сотрудничество с заказчиком важнее согласования условий контракта;
- готовность к изменениям важнее следования первоначальному плану.



На основании представленных установок, был разработан ряд принципов управления по методологии Agile. Основные принципы Agile-манифеста:

- фокусировка на потребностях и целях заказчика, удовлетворение которых происходит благодаря ранней поставке и регулярной доработке программного продукта;
- корректировка требований допустима и приемлема на каждой стадии разработки продукта, таким образом обеспечивается адаптивность продукта к изменениям рынка, что даёт заказчику дополнительные конкурентные преимущества;
- работа ведётся короткими отрезками времени, не более нескольких месяцев; в конце каждого периода выпускается работоспособный вариант продукта;
- на протяжении всего проекта разработчики и представители бизнеса должны работать вместе;
- над проектом должны работать профессионалы; требуется обеспечить комфортные условия для их работы, поддерживать необходимый уровень мотивации и поддержки;
- самым эффективным и практичным способом обмена информации с командой и внутри неё является непосредственное общение;
- основным показателем прогресса является функционирующий продукт;
- инвесторы, разработчики и пользователи должны иметь возможность поддерживать постоянный ритм, сохраняя устойчивость процесса разработки;
- непрерывное внимание к качеству проектирования и совершенству технической разработки обеспечивает повышение степени гибкости проекта;
- максимальная простота оргструктуры организации и рабочих процессов позволяет сфокусироваться на работе и создаваемом продукте, а не на соблюдении регламентов и правил;
- самые лучшие требования, архитектурные и технические решения рождаются у самоорганизующихся команд;
- команда должна регулярно анализировать свой стиль работы и рассматривать возможности улучшения его эффективности [2].

На данный момент существует множество методологий, которые придерживаются идей и принципов, определенных в Agile Manifesto. Рассмотрим некоторые из них.

Agile Modeling представляет собой набор приемов и принципов, позволяющих упростить процесс моделирования и документирования в проектах разработки программного обеспечения. Agile Modeling не включает в себя процессы программирования и тестирования, а также вопросы управления проектом, развертывания и поддержки системы. Рассматривается как дополнение к существующим методам, а не как самостоятельная технология.

Agile Unified Process – упрощенная версия IBM Rational Unified Process, которая представляет простую и доступную модель для понимания бизнес-требований и предметной области при создании бизнес-приложений.

Agile Data Method включает в себя группу итеративных методов разработки программного обеспечения, которые делают акцент на разработку решений и требований. Работа над продуктом осуществляется в рамках сотрудничества разных кросс-функциональных команд.

Dynamic Systems Development Method (DSDM). Основан на концепции быстрой разработки приложений (Rapid Application Development, RAD). Основные принципы методологии: частые выпуски версий продукта, самостоятельное принятие решений разработчиками, тестирование во течение всего производственного цикла. Акцент делается на активное взаимодействие с пользователями.

Экстремальное программирование (Extreme Programming, XP) основано на применении уже существующих традиционных методов и практик разработки программного обеспечения и поднятия их на новый «экстремальный» уровень. XP делает

сильный упор на тестирование, также предполагает постоянное и тесное взаимодействие с командой разработчиков, расстановку приоритетов, выполнение проекта короткими итерациями.

Feature driven development (FDD) – функционально-ориентированная разработка, которая реализуется по следующему алгоритму: создаётся ряд моделей для отдельных задач, после выбирается одна из предложенных или их сочетание; формируется список функций, необходимых заказчику; устанавливается приоритетность и сроки реализации функций; разработка. Каждая функция должна допускать реализацию не более, чем за 2 недели. Применяется для долгосрочных проектов.

Getting Real – методология разработки веб-приложений, которая предполагает отказ от функциональных спецификаций в пользу создания реального продукта. Основные принципы – простота, гибкость, доступность. При разработке приложения по методологии Getting Real изначально разрабатывается интерфейс программы, а после – её функциональная часть. Применяется для стартапов и начинающих команд.

OpenUP представляет собой независимую от инструментов, мало регламентированную методологию разработки программного обеспечения. Согласно этой методологии, процесс разработки проекта состоит из 4 этапов: начальная фаза, фаза уточнения, конструирования, фаза передачи. На протяжении всего проекта поддерживается обратная связь между участниками команды и заинтересованными лицами, для их ознакомления с ключевыми точками реализации проекта, а также для совместного принятия решений. План проекта определяется его жизненным циклом, а конечным результатом является готовый программный продукт.

Scrum – адаптивная методология управления проектами, ориентированная на потребителя. Предусматривает возможность изменять требования к проекту на каждой стадии его реализации, выявлять и устранять отклонения от желаемого результата на более ранних этапах разработки программного продукта. Scrum делает упор на самоорганизующуюся, многофункциональную команду профессионалов, способную решать необходимые задачи с минимальной координацией [3, 4, 5].

В настоящий момент Scrum является одной из наиболее популярных методологий разработки программного обеспечения, успешно применяется в таких крупных компаниях как Microsoft, Yahoo, Amazon и других. Зачастую применяется в совокупности с методикой экстремального программирования.

### **Методология Scrum (Agile)**

Scrum – набор методик и принципов процессов разработки, который позволяет в небольшие фиксированные временные итерации предоставить конечному пользователю работающее программное обеспечение с набором функций, имеющих наивысший приоритет.

В классическом Scrum существует 3 базовых роли [6]:

1. Владелец продукта (Product owner) – связующее звено между заказчиком и командой разработчиков. Представляет интересы конечных пользователей и отвечает за разработку продукта на протяжении всего проекта. В обязанности владельца продукта входит ответственность за Журнал требований к продукту (Product Backlog). Product Backlog – список требований к функциональности, упорядоченный по их степени важности, подлежащих реализации.

2. Скрам-мастер (Scrum master) – лицо, ответственное за понимание и соблюдение Скрам всеми участниками проекта. Scrum master обязан обеспечивать максимальную работоспособность команды, обеспечивая им комфортные условия труда, мотивацию. Устранять проблемы, тормозящие или останавливающие работу

3. Команда разработчиков (Development team) – кросс-функциональная команда проекта, состоящая, обычно из IT специалистов разных областей.



Команде разработчиков присущи следующие характеристики:

1. Она самоуправяема.
2. Она кроссфункциональна.
3. Внутри Команды разработчиков существует только одна должность – разработчик, независимо от выполняемой работы.
4. Команда – единое целое, ответственность равномерно распределяется между каждым членом команды.
5. У Команды разработчиков нет структурных подразделений.

Рекомендуемый размер команды – 7 (плюс-минус 2) человека. Согласно идеологам Scrum, команды большего размера требуют слишком больших ресурсов на коммуникации, в то время как команды меньшего размера повышают риски (за счет возможного отсутствия требуемых навыков) и уменьшают размер работы, который команда может выполнить в единицу времени.

Основой Scrum является короткий проект (спринт, Sprint), в течение которого выполняется работа над продуктом с целью получения его новой рабочей версии. Спринт всегда ограничен по времени (1-4 недели) и имеет одинаковую продолжительность на протяжении всей жизни продукта.

Следующий спринт начинается сразу же после окончания предыдущего и состоит из:

- планирования;
- ежедневных совещаний;
- собственно проектных работ;
- обзора итогов спринта и ретроспективного совещания, задача которых оценить производительность команды в прошедшем спринте, спрогнозировать ожидаемую эффективность в следующем спринте, выявить имеющиеся проблемы, оценить вероятности завершения всех необходимых работ по продукту и другое.

Во время спринта:

- не допускается внесение корректив, которые могли бы повлиять на цель проекта;
- не допускается изменение состава команды разработчиков;
- понимание качества продукта остаётся неизменным.

Границы разработки в рамках спринта могут быть повторно вынесены на обсуждение, уточнение разработчиками и владельцем продукта.

### **Понятие качества продукта**

На данный момент не существует единого общепринятого определения понятия «качество программного продукта». Рассмотрим ряд стандартов, определяющих само понятие и требования к нему.

В стандарте ISO 9126 качество программного обеспечения определяется как вся совокупность характеристик, относящихся к возможности удовлетворять высказанные или подразумеваемые потребности всех заинтересованных лиц, и подразделяется на внутреннее и внешнее качество. К внутреннему качеству относятся характеристики самого программного обеспечения, без учета его функциональных характеристик. Внешнее качество характеризует ПО с точки зрения его поведения. Также отдельно можно рассматривать качество ПО при использовании в разных контекстах – характеристику продукта при выполнении конкретных сценариев работы.

Характеристики и атрибуты для определения внутреннего и внешнего качества по стандарту ISO 9126:2001:

*Функциональность* (functionality). Возможность и готовность ПО решать необходимые задачи в определенных пользователем условиях. Определяет цели и задачи.

*Надежность* (reliability). Способность ПО поддерживать работоспособность в заданных условиях.





*Удобство использования* (usability) или практичность. Способность программного обеспечения быть удобным в обучении и использовании, а также привлекательным для пользователей.

*Производительность* (efficiency) или эффективность. Способность программного обеспечения при заданных условиях обеспечивать необходимую работоспособность по отношению к выделяемым для этого ресурсам. Можно определить ее и как отношение получаемых с помощью программного обеспечения результатов к затрачиваемым на это ресурсам всех типов.

*Удобство сопровождения* (maintainability). Удобство проведения всех видов деятельности, связанных с сопровождением программ.

*Переносимость* (portability). Способность программного обеспечения сохранять работоспособность при переносе из одного окружения в другое, включая организационные, аппаратные и программные аспекты окружения.

Для описания качества программного обеспечения при использовании, стандарт ISO 9126-4 предлагает следующий набор характеристик:

*Эффективность* (effectiveness). Способность программного обеспечения предоставлять пользователям возможность решать их задачи с необходимой точностью при использовании в заданном контексте.

*Продуктивность* (productivity). Способность программного обеспечения предоставлять пользователям определенные результаты в рамках ожидаемых затрат ресурсов.

*Безопасность* (safety). Способность программного обеспечения обеспечивать необходимо низкий уровень риска нанесения ущерба жизни и здоровью людей, бизнесу, собственности или окружающей среде.

*Удовлетворение пользователей* (satisfaction). Способность программного обеспечения приносить удовлетворение пользователям при использовании в заданном контексте.

Помимо перечисленных характеристик и атрибутов качества, стандарт ISO 9126:2001 определяет наборы метрик для оценки каждого атрибута.

Обеспечение качества процессов производства регулируются набором стандартов ISO 9000. Наиболее важные для разработки программного обеспечения стандарты в его составе следующие [8]:

– ISO 9000:2000 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary. Системы управления качеством – Основы и словарь. (Аналог – ГОСТ Р-2001).

– ISO 9001:2000 Quality management systems – Requirements. Models for quality assurance in design, development, production, installation, and servicing. Системы управления качеством – Требования. Модели для обеспечения качества при проектировании, разработке, коммерциализации, установке и обслуживании. Определяет общие правила обеспечения качества результатов во всех процессах жизненного цикла: управление качеством, управление ресурсами, производство, исследования рынка и другие.

Помимо поддержки и развития системы процессов, нацеленных на удовлетворение нужд заказчиков и пользователей, ISO 9001 требует:

- развивать собственную систему качества на основе измеримых показателей;
- использовать методику управления процессами основываясь на системе качества;
- обеспечивать использование компетентного персонала, качественных ресурсов, инфраструктуры и окружения;
- контролировать соблюдение качества на практике;
- осуществлять процесс устранения отклонений от качества.



ISO/IEC 90003:2004 Software engineering – Guidelines for the application of ISO 9001:2000 to computer software. Руководящие положения по применению стандарта ISO 9001 при разработке, поставке и обслуживании программного обеспечения. Данный стандарт вносит корректировку в положения ISO 9001 для разработки, с явным приоритетом обеспечением качества в процессе проектирования программных средств. Он определяет некоторый набор техник и методов, применяемых для контроля и обеспечения качества разрабатываемого ПО.

### Выводы

Очень часто может возникнуть такая ситуация, когда заказчик в начале разработки не всегда правильно представляет итоговый результат. Кроме того, из-за изменения внешних факторов, могут не совпадать начальные ожидания и итоговые потребности.

Для устранения этой проблемы применяются гибкие методологии разработки Agile, так как наибольшим приоритетом Agile обладает выпуск качественного конечного продукта с точки зрения заказчика. Это достигается за счет повышенной гибкости проекта в процессе разработки, постоянного повышения эффективности коммуникаций внутри команды и ранжированию работ по значимости. На каждом этапе заказчик получает работающий продукт с определенным набором функций. Также он имеет возможность изменить или конкретизировать свои требования к дальнейшей разработке. Таким образом, в конечном итоге выпускается продукт, идеально соответствующий именно текущим потребностям заказчика, а не исходным ожиданиям на старте проекта.

### Литература

1. Государственная поддержка малого бизнеса в России. Государственные программы для предпринимателей [Электронный ресурс]: <http://volgoust.ru/malyj-biznes/gosudarstvennaya-podderzhka-malogo-biznesa-v-rossii-v-2018-godu.html> (дата обращения: 14.04.2018)
2. Agile-манифест [Электронный ресурс]: <http://www.agilemanifesto.org/iso/ru/> (дата обращения: 14.04.2018)
3. Бахтизин В. В., Глухова Л. А. Технологии разработки программного обеспечения Учебное пособие. – Минск: БГУИР, 2013. – 267 с.
4. Бек К. Экстремальное программирование. – СПб.: Питер, 2013. – 422 с.
5. Agile Project Management with Scrum / Ken Schwaber. — Redmond: Microsoft Press, 2014. — 163 с.
6. Джефф Сазерленд. Scrum. Революционный метод управления проектами.- Scrum. The art of doing twice the work in half the time. — Манн, Иванов и Фербер, 2016. — 288 с.
7. The Scrum Guide. The definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game / Ken Schwaber, Jeff Sutherland. — Redmond: Microsoft Press, 2013. — 211с.
8. Стандарты на разработку программных продуктов [Электронный ресурс]: <http://codingcraft.ru/standards.php> (дата обращения: 15.04.2018)

УДК 657.6

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИТ-АУДИТА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Ченакал В. А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

E-mail: [radiolavka@donapex.net](mailto:radiolavka@donapex.net)

### **Аннотация:**

**Ченакал В. А. Усовершенствование технологии ИТ-аудита бизнес-процессов.** Исследован вопрос усовершенствования технологии ИТ-аудита. Рассмотрены основные особенности ИТ-аудита. Определен подход к усовершенствованию технологии ИТ-аудита. Выделены ключевые показатели эффективности ИТ-инфраструктуры.

### **Annotation:**

**Chenacal V. A. An improvement of business processes IT-audit technology.** Problem of the business processes IT-audit technology improvement is researched. The main IT-audit features are observed. Approach towards IT-audit technology improvement is defined. The key indicators of the IT-infrastructure efficiency are designated.

### **Общая постановка проблемы**

Современной тенденцией развития экономики является эволюция в сторону цифровой экономики. В последнее время роль информационных технологий на большинстве предприятий растет с каждым годом. В подобных условиях роль эффективной организации информационных процессов и информационной инфраструктуры на предприятии также значительно повышается. А для того, чтобы выявить недочеты в информационной инфраструктуре и улучшить качество ее работы, необходим ИТ-аудит. По этой причине особую актуальность приобретает разработка методических и аналитических инструментов, позволяющих повысить эффективность проведения ИТ-аудита на предприятии

Вопросы, связанные с ИТ-аудитом, исследовались в работах таких ученых, как Барышникова Н. П., Бузанова Я. В., Подольский В. И., Одинцов Е. Б., Лазарева С. Ф. [2], Растамханова Л. Н., Ситнов А. А. [3, 4], Уринцов А. И. [4], Ус Р. Л. [5], Романов А. Н., Федоров Г. В., Ярочкин В. И. и др. В частности, были исследованы вопросы общей методики ИТ-аудита, выделены его основные виды и особенности.

Однако вопросы усовершенствования технологии ИТ-аудита бизнес-процессов на текущий момент рассматривались ещё недостаточно. Это обуславливает актуальность исследований в данной области.

Цель данной работы – поиск путей усовершенствования технологии ИТ-аудита бизнес-процессов.

### **Исследования**

Для обеспечения эффективной деятельности современные предприятия нуждаются в развитой ИТ-инфраструктуре. ИТ-инфраструктура состоит из интегрированного комплекса систем, программ и служб; для оптимального функционирования бизнеса она должна быть целостной, максимально надежной, грамотно спроектированной, обладать большим запасом прочности, соответствовать не только текущему состоянию бизнеса, но и учитывать его развитие в будущем. В случае же, если что-то работает не оптимально, необходимо своевременно обнаружить проблему и наметить пути ее решения, для чего и необходим ИТ-аудит. В современных условиях оба этих вопроса тесно и неразрывно связаны с ИТ аудитом.

В соответствии с определением, данным в методологии Cobit, ИТ-аудит представляет собой системный процесс получения и оценки объективных данных о текущем состоянии



информационной системы, действиях и событиях, происходящих в ней, устанавливающий уровень их соответствия определенным критериям [6]. Основной целью ИТ-аудита является предоставление руководству организации обоснованных отчетов об эффективности выполнения задач управления ИТ. Кроме того, рекомендации ИТ-аудитора должны способствовать улучшению состояния информационной инфраструктуры предприятия.

Одной из важных целей ИТ-аудита является идентификация причин дискомфорта высшего руководства организации в связи с использованием ИТ. Однако на этом его цели не исчерпываются. Для того, чтобы информационная система работала как единое целое и решала поставленные задачи, важно иметь уверенность, что все составляющие на своем месте и работают оптимально. Главной целью ИТ-аудита является совершенствование системы контроля за ИТ. Для этого аудиторы, как правило:

- 1) оценивают риски ИТ;
- 2) участвуют в управлении рисками ИТ;
- 3) содействуют предотвращению и смягчению сбоев ИС;
- 4) помогают в подготовке нормативных документов;
- 5) помогают связать бизнес-риски и средства автоматизированного контроля;
- 6) периодически проводят проверки;
- 7) содействуют ИТ-менеджерам в правильной организации управления ИТ;
- 8) осуществляют «взгляд со стороны».

По итогам проведения ИТ-аудита, как правило, осуществляется оценка эффективности ИТ-инфраструктуры предприятия и составляются аудиторские рекомендации, зачастую направленные на модернизацию ИТ-инфраструктуры предприятия. Нужно учитывать, что, как правило, эти рекомендации основаны на опыте иных компаний и самого аудитора, а потому являются субъективными. Кроме того, в большинстве случаев аудитору или группе аудиторов нелегко «удерживать» в голове все множество факторов, которые влияют на информационные процессы предприятия, особенно учитывая, что многие из этих факторов являются случайными [1]. Поэтому целесообразно применение аналитических методов и разработка новой методики, которая бы позволила бы снизить субъективность таких рекомендаций, оценить целесообразность этих рекомендаций и последствия от их внедрения на предприятии, повысив тем самым эффективность ИТ-аудита.

Для экономической целесообразности затрат на модернизацию ИТ-инфраструктуры необходим комплекс показателей, связывающих затраты на модернизацию информационной инфраструктуры предприятия и разработку средств обеспечения безопасности с эффективностью решения заданного множества задач, включая обеспечение безопасности информационной системы. Комплекс разнородных показателей, интегрированный в единый интегральный показатель, позволяет использовать данный показатель в качестве целевой функции алгоритма оптимизации информационной системы и адекватно отражает, как технические параметры, так и экономические параметры эффективности ИТ-инфраструктуры.

Таким образом, суть предлагаемой методики состоит в выделении ключевых показателей эффективности информационной инфраструктуры предприятия и последующем построении имитационной модели, целью которой будет расчет общего интегрального показателя эффективности ИТ-инфраструктуры, оценка внедрения рекомендаций, осуществленных по итогам ИТ-аудита.

В рамках данной работы предлагается выделить три группы показателей: экономические показатели (табл. 1); технические показатели (табл. 2) и показатели информационной безопасности (табл. 3). Однако самого по себе выделения ключевых показателей ещё недостаточно.

Таблица 1 – Экономические показатели эффективности ИТ-инфраструктуры

Название показателя	Расшифровка	Ед. изм.
Общий уровень расходов на ИТ-инфраструктуру	Общий объем финансовых расходов на ИТ-инфраструктуру	тыс. руб.
Уровень затрат на ИТ-инфраструктуру на пользователя	Отношения уровня расходов на ИТ-инфраструктуру к количеству пользователей	тыс. руб./чел
Уровень довольства работников	Степень удовлетворенности работников работой информационной инфраструктуры	усл. ед.
Уровень затрат на повышение квалификации	Объем денежных средств, необходимых для повышения квалификации персонала	тыс. руб.
Уровень затрат на модернизацию аппаратного обеспечения	Объем денежных средств, необходимых для модернизации устаревшего аппаратного обеспечения	тыс. руб.
Уровень затрат на модернизацию программного обеспечения	Объем денежных средств, необходимых для модернизации устаревшего программного обеспечения	тыс. руб.

Таблица 2 – Показатели информационной безопасности

Название показателя	Расшифровка	Ед. изм.
Частота инцидентов безопасности	Среднее количество инцидентов, связанных с информационной безопасностью, за определенный промежуток времени	ед./день
Частота инцидентов, влияющих на пользователей	Среднее количество инцидентов, вызвавших неудобство пользователей, за определенный промежуток времени	ед./день
Показатель закрытия уязвимостей	Отношение закрытых уязвимостей к их общему выявленному числу;	%
Процент дней без существенных происшествий	Отношение количества дней, в который не происходило серьезных инцидентов, связанных с информационной безопасностью к общему количеству дней в рассматриваемом периоде	%
Показатель своевременной идентификации проблем	Доля проблем, идентифицированных до того, как они нанесли ущерб	%

Оценка эффективности уровня ИТ-инфраструктуры в компании – динамическая и сложная проблема, которая включает огромное количество различных факторов. Эффективное управление требует баланса между различными факторами. Управление этим динамическим балансом, сложно измерить или предугадать без применения специализированных аналитических методов. Процесс моделирования предоставляет расширенные возможности для лучшего понимания всей системы в комплексе. Моделирование позволяет предсказать, каким будет результат для того или другого фактора, когда на начальном этапе результат совсем неочевиден. Для расчета интегрального показателя эффективности с учетом аудиторских рекомендаций целесообразно применение имитационного моделирования [1]. Поэтому целесообразна разработка системно-динамической модели, которая позволит оценить соответствие ИТ-инфраструктуры бизнес-процессам предприятия. В рамках дальнейших исследований планируется доработка построенной системы показателей и построение системно-динамической модели.

Таблица 3 – Технические показатели эффективности ИТ-инфраструктуры

Показатель	Расшифровка	Ед. изм.
Коэффициент автоматизации документооборота	Процент документооборота, происходящего в электронном виде	%
Коэффициент достаточности программного обеспечения	Уровень соответствия программного обеспечения нуждам предприятия	усл. ед
Коэффициент достаточности аппаратного обеспечения	Уровень соответствия аппаратного обеспечения нуждам предприятия	усл. ед
Коэффициент использования каналов связи по пропускной способности	Реальная скорость передачи информации по отношению к пропускной способности канала связи	усл. ед
Коэффициент текучести кадров	Отношение числа уволенных по причинам текучести работников к среднесписочной численности за тот же период	усл. ед
Коэффициент потери информации	Отношение необнаруженных релевантных документов к общему числу релевантных запросу документов	%
Коэффициент необходимости повышения квалификации	Доля работников, нуждающихся в повышении квалификации	усл. ед
Коэффициент простоя из-за инфраструктурных проблем	Доля потерь времени из-за неполадок с ИТ-инфраструктурой	усл. ед

### Выводы

В рамках данной статьи был исследован вопрос усовершенствования технологии ИТ-аудита. Рассмотрены основные особенности ИТ-аудита в современных условиях. Определен подход к усовершенствованию технологии ИТ-аудита. Выделены ключевые показатели эффективности ИТ-инфраструктуры. В рамках дальнейших исследований планируется доработка построенной системы показателей и создание системно-динамической модели.

### Литература

1. Гизатулин А. М. ИТ аудит: системно-динамический подход к анализу рекомендаций / А. М. Гизатулин, А. В. Ткачева, В. А. Ченакал // Экономика строительства и городского хозяйства. - 2017, Том 13, номер 4. - С. 373–381.
2. Лазарева С. Ф. Сучасні методи аудиту інформаційних технологій [Текст] / С. Ф. Лазарева, Р. Л. Ус // Держава та регіони. Серія: економіка та підприємництво. – 2011. – № 4. – С. 29-35.
3. Ситнов А. А. Организация аудита информационной безопасности/ А. А. Ситнов // Учет. Анализ. Аудит. – 2016. – №6. – С. 102-110.
4. Ситнов А. А., Уринцов А. И. Аудит информационных систем: монография для магистров. – М.: Юнити-Дана, 2014. – 239 с.
5. Ус Р. Л. Аудит інформаційних технологій як складова системи аудиту організацій [Текст] / Р. Л. Ус // Формування ринкових відносин в Україні: зб. наук. праць. – К.: НДЕІ, 2011. – Вип. 1 (116). – С. 163-168.
6. COBIT 5: Бизнес-модель по руководству и управлению ИТ на предприятии. ISACA. - 2014. – 94 с.





УДК 004.7

## ФОРМИРОВАНИЕ ТРАФИКА НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗОВАННОЙ КРИТИЧНОСТИ

Глухов Д. М.\*, Бельков Д. В.\*, Едемская Е. Н.\*\*

Донецкий национальный технический университет

\* кафедра прикладной математики

\*\* кафедра искусственного интеллекта и системного анализа

E-mail: [belkov65@list.ru](mailto:belkov65@list.ru)

### *Аннотация:*

*Глухов Д. М., Бельков Д. В., Едемская Е. Н. Формирование трафика на основе самоорганизованной критичности. В данной работе для формирования трафика при дифференцированном обслуживании (DiffServ) предлагается система, основанная на понятии самоорганизованной критичности (Self-Organized Criticality, SOC). Разработана модель SOC BTWIDm, являющаяся модификацией модели Бака-Танга-Вайзенфельда. Предложена структура системы формирования трафика, которая выполняет алгоритм BTWIDm.*

### *Annotation:*

*Glukhov D. M., Belkov D. V., Edemskaya E. N. Traffic forming based self-organized criticality. In this article the traffic formed system based self-organized criticality (SOC) is present for the difference service (DiffServ). The SOC model BTWIDm is design. It is the modification of the Bak-Tang-Wiesenfeld (BTW-1D) model. The system structure to run the BTWIDm algorithm is design.*

### **Общая постановка проблемы**

В условиях развития телекоммуникаций до уровня сетей следующего поколения NGN (Next Generation Networks), обеспечивающих предоставление неограниченного набора услуг с заданными характеристиками качества обслуживания QoS (Quality of Service), становятся все более актуальными задачи повышения качества обслуживания. Расширение спектра услуг и рост сложности телекоммуникационных систем и сетей требует решения проблемы разработки адекватных методов анализа и синтеза таких систем с целью получения достоверных оценок их характеристик, реализации задач их оптимизации в соответствии с выбранным критерием качества обслуживания и разработки соответствующих алгоритмов управления.

Количественная сторона процессов обслуживания потоков сообщений (трафика) в системах распределения информации (СРИ) является предметом теории трафика. По этой теории разрабатываются научно обоснованные методы оценки характеристик качества обслуживания. В первую очередь учитывается стохастический характер трафика. Основным содержанием теории трафика является исследование пропускной способности СРИ, которое тесно связано с оценкой QoS.

Теория трафика оперирует не с самими СРИ, а с их математическими моделями. Многообразие видов и топологии сетей, структур систем и способов выделения сетевого ресурса для обслуживания трафика требует разработки моделей, которые учитывают реальный характер потоков сообщений и детали обслуживания мультисервисного трафика различных коммуникационных приложений (речь, видео, данные). Построить единственную модель, которая бы давала ответы на все вопросы относительно функционирования компьютерных сетей практически невозможно. На основе моделей СРИ разрабатываются методы оценки характеристик QoS, достоверность которых зависит от адекватности модели реальной ситуации, которая может возникнуть при проектировании и эксплуатации. Оценка

качества обслуживания трафика является одним из важнейших научных направлений в исследованиях компьютерных сетей. В современных сетях потоки пакетов формируются множеством источников требований на предоставление сетью услуги и сетевых приложений, обеспечивающих услуги передачи информации. Пользователи, создающие потоки пакетов, существенно отличаются между собой значениями удельной интенсивности нагрузки, и поэтому трафик является разнородным и с долгосрочными зависимостями в интенсивности (например, из-за повторной передачи неверно принятых пакетов) и с определенными требованиями к QoS. Передачу потоков различных служб обеспечивает единая сеть. Поскольку источники каждой службы могут иметь разные скорости передачи информации или изменять ее в процессе сеанса связи, то потокам пакетов свойственна пачечность (burstness). В реализации трафика присутствует некоторое количество больших пульсаций при относительно малом среднем уровне трафика. Пакеты поступают на узел не по отдельности, а пачкой. Это явление ухудшает характеристики (увеличивает потери, задержки, джиттер пакетов) при прохождении трафика через узлы сети. При анализе пачечного трафика может быть использована модель самоподобного (self-similarity) процесса [1].

Для формирования самоподобного трафика согласно определенным требованиям в данной работе предлагается система, основанная на понятии самоорганизованной критичности (Self-Organized Criticality, SOC).

Целью статьи является разработка системы формирования трафика на базе SOC. В работе решаются задачи построения модели SOC BTW1Dm и создания структуры системы формирования трафика, которая выполняет алгоритм BTW1Dm. Показаны результаты вычислительного эксперимента.

### Исследования

Одной из парадигм нелинейной динамики является теория самоорганизованной критичности. Она призвана объяснить такие закономерности, как масштабная инвариантность, прерванное равновесие, фликкер-шум. Нужно отметить, что именно такие закономерности экспериментально найдены при исследованиях современного трафика.

В 1988 году американскими учеными П. Баком, Ч. Тангом и К. Вайзенфельдом было введено понятие о самоорганизованной критичности [2]. Базовой моделью теории SOC является куча песка. Рассмотрим кучу песка, изображенную на рис. 1.

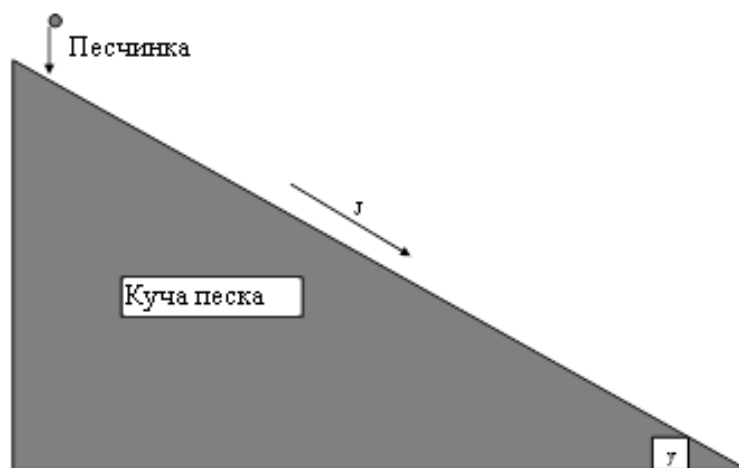


Рисунок 1 – Куча песка

Будем предполагать, сцепление между песчинками достаточно большим. При этом возможно лишь поверхностное перемещение песка, причем инерцией его движения можно пренебречь. В таком случае состояние системы полностью определяется наклоном

поверхности. В тех местах, где локальный наклон оказывается больше порога устойчивости, происходит осыпание песчинок вниз по склону на соседние участки поверхности. Состояние песка определяется углом наклона поверхности  $\alpha$ . При его изменении происходит фазовый переход от неподвижного состояния к состоянию непрерывного тока песка. При токе, соответствующем добавлению одной песчинки за один шаг, система самоорганизуется в состояние с критическим наклоном  $\alpha = \alpha_c$ . Если средний наклон поверхности  $\alpha$  меньше чем  $\alpha_c$ , то песок неподвижен. Если наклон превышает значение  $\alpha_c$ , возникает спонтанный ток песка  $J$  по поверхности. Возникает фазовый переход, в котором управляющим параметром является наклон  $\alpha$ , а параметром порядка – ток песка  $J$ . Критическое значение наклона  $\alpha_c$  разделяет хаотическую ( $\alpha < \alpha_c$ ) и упорядоченную ( $\alpha > \alpha_c$ ) фазы. Обе эти фазы соответствуют состоянию системы устойчивому к малым возмущениям. В хаотической фазе они еще быстро затухают во времени и пространстве, а в упорядоченной – уже не могут существенно влиять на величину тока. И только в критической точке, одна добавленная песчинка может вызывать лавину. В песчаной куче существует много областей неустойчивости, но критическое состояние является устойчивым. Такие характеристики тесно связаны с фракталами.

Самым простым вариантом модели кучи песка является одномерная модель Бака-Танга-Вайзенфельда (BTW-1D). Ее работу предлагается рассмотреть на примере [4], показанном на рис. 2.

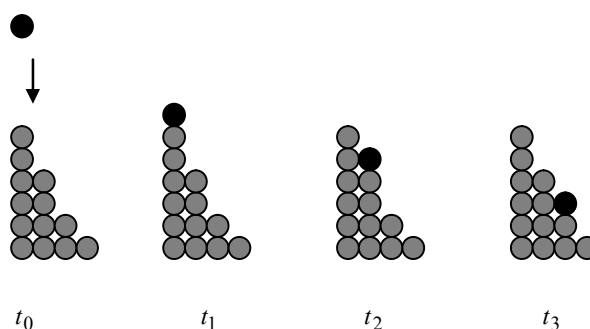


Рисунок 2 – Модель BTW-1D

Пусть задан критический порог  $Z_c = 2$  и куча песка, имеющая 4 слоя. В начальном состоянии первый слой кучи содержит 6 песчинок, второй – 4, третий – 2 и четвертый слой – 1 песчинку. Уровень песка в каждом слое отличается от уровня предыдущего слоя не больше, чем на величину  $Z_c$ :  $(6 - 4) = 2$ ,  $(4 - 2) = 2$ ,  $(2 - 1) = 1$ . По этой причине куча песка находится в устойчивом состоянии (песок неподвижен). Пуск модели выполняется добавлением новой песчинки на вершину. При этом уровень песка в первом слое повышается, и он становится неустойчивым:  $(6 + 1) = 7$ ,  $(7 - 4) = 3 > Z_c$ . В таком случае песчинка не остается на первом слое, а передвигается на второй слой, и количество песка в первом слое возвращается к значению 6. Уровень песка во втором слое повышается, и он становится неустойчивым:  $(4 + 1) = 5$ ,  $(5 - 2) = 3 > Z_c$ . Поэтому песчинка не останавливается на втором слое, передвигается на третий слой, и количество песка во втором слое возвращается к значению 4. Уровень песка в третьем слое повышается, но он остается устойчивым:  $(2 + 1) = 3$ ,  $(3 - 1) = 2 = Z_c$ . Поэтому песчинка останавливается на третьем слое. Первый шаг моделирования завершен. На нем прошла лавина перемещений от первого к третьему слою.

Каждый новый шаг будет начинаться добавлением новой песчинки на вершину. На одном шаге моделирования возможно 3 ситуации: 1) новая песчинка остается на вершине (лавина нет), 2) новая песчинка останавливается на каком-то слое кучи, то есть лавина не достигает основания кучи, 3) новая песчинка не останавливается ни на одном слое кучи и покидает кучу (лавина достигает основания кучи).



Такой процесс формирования кучи песка является процессом самоорганизации, потому что он идет без внешнего управляющего сигнала. Рост уровня слоев управляется правилами (1), где  $Z_i$  – количество песчинок, содержащихся в слое  $i$ .

$$\begin{aligned} z_{i+1} &= z_{i+1} + 1, & z_i - z_{i+1} &> z_c \\ z_i &= z_i + 1, & z_i - z_{i+1} &\leq z_c \end{aligned} \quad (1)$$

Величины  $z_i$  являются управляющими параметрами системы, значение  $z_c$  является критическим значением для управляющих параметров. Достижение этого значения качественно изменяет поведение системы. Процесс формирования кучи песка является процессом самоорганизации управляющих параметров в критическое состояние, и поэтому система является системой самоорганизованной критичности.

В данной статье для системы формирования трафика предлагается модифицированная модель BTW-1Dm. Модификация заключается в следующем: 1) каждая песчинка имеет свой объем, т. е. песчинки не являются одинаковыми, 2) каждый слой имеет свой критический уровень (порог), 3) рост уровня слоев управляется правилами (2), где  $z_{i,j}$  – количество песчинок, содержащихся в слое  $i$  на временном шаге  $j$ ,  $x_j$  – объем песчинки  $j$ ,  $z_{ci}$  – критический порог слоя  $i$ . Если добавление песчинки  $j$  к слою  $i$  приводит к превышению критического порога  $z_{ci}$ , то она перемещается на следующий уровень, иначе – песчинка добавляется на уровень  $i$ .

$$\begin{aligned} z_{i+1,j} &= z_{i+1,j} + x_j, & z_{i,j} + x_j - z_{i,j-1} &> z_{ci} \\ z_{i,j} &= z_{i,j} + x_j, & z_{i,j} + x_j - z_{i,j-1} &\leq z_{ci} \end{aligned} \quad (2)$$

Величины  $z_{i,j}$  являются управляющими параметрами системы, значение  $z_{ci}$  является критическими значениями для управляющих параметров. Такая модификация сохраняет самоорганизованную критичность системы.

Для обеспечения гарантированного качества обслуживания комитет IETF разработал модель дифференцированного обслуживания разнотипного трафика – DiffServ. При независимом поведении маршрутизаторов (РНВ) определены два варианта обслуживания: срочная пересылка пакетов (Expedited Forwarding, EF); гарантированная пересылка пакетов (Assured Forwarding, AF). Вариант EF является наивысшим уровнем качества обслуживания. Любой трафик, с интенсивностью, превышающей заданный уровень, отбрасывается. Вариант AF предусматривает четыре класса трафика. Трафик, интенсивность которого превышает заданный уровень, доставляется с меньшей вероятностью.

Предлагаемая в статье система формирования трафика выполняет алгоритм BTW1Dm при следующей интерпретации для входного трафика EF РНВ:  $z_{i,j}$  – уровень скорости выходного потока зеленых конформных пакетов на такте  $j$ ,  $z_{2,j}$  – уровень скорости выходного потока красных неконформных пакетов на такте  $j$ ,  $x_j$  – скорость входного потока на такте  $j$ ,  $z_{c1}$  – заданная достижимая скорость трафика. Система по формулам (2) формирует и маркирует выходные потоки. Если система применяется для входного трафика AF РНВ определенного класса, то используется алгоритм BTW1Dm при следующей интерпретации:  $z_{1,j}$  – уровень скорости выходного потока зеленых конформных пакетов на такте  $j$ ,  $z_{2,j}$  – уровень скорости выходного потока желтых малоформных пакетов на такте  $j$ ,  $z_{3,j}$  – уровень скорости выходного потока красных неконформных пакетов на такте  $j$ ,  $x_j$  – скорость входного потока на такте  $j$ ,  $z_{c1}$  – заданная достижимая скорость трафика,  $z_{c2}$  – заданная пиковая скорость трафика.

На рис. 3 показаны: а) структура Token Bucket, которая используется в сетевых процессорах и б) структура BTW1Dm.

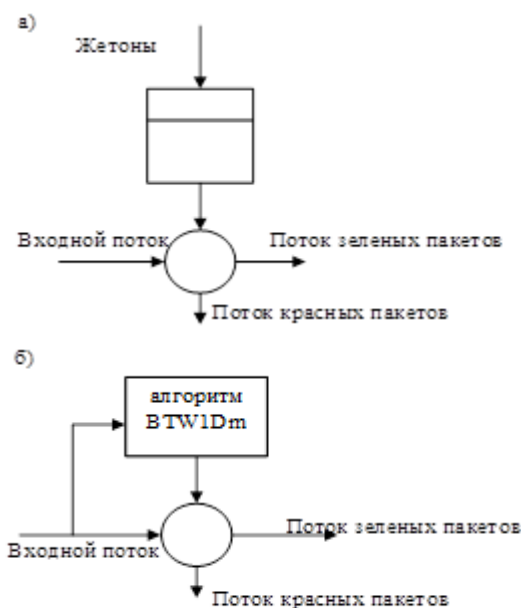


Рисунок 3 – Структуры Token Bucket (а) и BTW1Dm (б)

В предложенной системе входной пакет попадает во входной буфер, его копия поступает в модуль BTW1Dm, который маркирует пакет по формулам (2). Сервер, согласно маркировке, перемещает пакет в выходную очередь зеленых пакетов или в очередь красных пакетов. Разработанная система предназначена для достижения того же результата, что и Token Bucket.

### Выводы

В работе получены следующие результаты:

1. Разработана модель BTW1Dm, которая является модификацией модели Бака-Танга-Вайзенфельда.
2. Разработана структура системы формирования трафика, выполняющая алгоритм BTW1Dm.
3. В работе [4] выполнен вычислительный эксперимент, при котором самоподобный входной трафик был сглажен с помощью предложенной системы. Коэффициент пачечности исходного потока уменьшился на 20 единиц относительно коэффициента пачечности входного потока. Перспективным направлением является исследование разработанной модели при анализе систем обеспечения качества обслуживания в компьютерных сетях.

### Литература

1. Ложковський, А. Г. Аналіз і синтез систем розподілу інформації в умовах мультисервісного трафіка: Автореферат дисертації / А. Г. Ложковський. - Одеса, 2010. – 38 с.
2. Bak, P. Self-organized criticality / P. Bak, C. Tang, K. Wiesenfeld // Physical review, Vol 38. № 1. - 1988. - P. 364-375.
3. Aschwanden M. Self-organized criticality in astrophysics., 2012. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ua.bookfi.org/book/1076440>
4. Бельков, Д. В. Система формирования трафика компьютерной сети на основе самоорганизованной критичности / Д. В. Бельков, Е. Н. Едемская // Информатика и кибернетика, № 3(5). – Донецк: ДонНТУ, - 2016. - С. 22-28.



УДК 621.1.016.4, 519.63

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕНОСА С ФАЗОВЫМИ ПЕРЕХОДАМИ В ПРОТИВОТОЧНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

Толстых В. К., Пшеничный К. А.  
Донецкий национальный университет  
кафедра компьютерных технологий  
E-mail: [mail@tolstykh.com](mailto:mail@tolstykh.com), [kirillpch@mail.ru](mailto:kirillpch@mail.ru)

### Аннотация

**Толстых В. К., Пшеничный К. А. Численное моделирование процессов теплопереноса с фазовыми переходами в противоточных теплообменных аппаратах.** Предложена математическая модель описания конвективных, нестационарных, одномерных процессов теплопереноса для теплообменников с противоточными теплоносителями, содержащая модельный коэффициент между теплоносителями, включающий в себя как физический коэффициент теплопередачи, так и внутренние геометрические особенности теплообменника. Описана конечно-разностная схема расчёта тепловых процессов. Приведены расчёты с данными промышленного теплообменника.

### Annotation:

**Tolstykh V. K., Pshenichny K. A. Numerical modeling of heat transfer processes with phase transitions in counterflow heat exchangers.** A simplified model for the description of convection, unsteady, one-dimensional heat transfer processes for heat exchangers with counterflow heat transfer fluids is proposed. It contains a model heat transfer coefficient between the heat-transfer agents, which includes both physical heat transfer coefficient, and internal geometrical features of heat exchanger. It is described the finite-difference scheme for calculating thermal processes. Results calculations with the data of industrial heat exchanger were described.

### Постановка проблемы

Воздухоразделительные установки обеспечивают получение кислорода, водорода и инертных газов из воздуха на основе ректификации для дальнейшего использования в различных производствах, таких как металлургия, химическое производство, медицина.

Для качественной работы ректификационной колонны, экономии энергоресурсов и обеспечения сохранности оборудования в случае непредвиденных сбоев, необходимо адекватное управление теплообменником для удержания входного потока воздуха в колонну при определенной температуре.

Для решения поставленной задачи необходимо иметь адекватную математическую модель нестационарных тепловых и гидродинамических процессов промышленного противоточного теплообменного аппарата.

В данной работе рассматривается противоточный теплообменный аппарат, схематично изображённый на (рис. 1), для глубокого охлаждения воздуха. Здесь прямым потоком является воздух, нагнетаемый воздушным компрессором, а обратным потоком – жидкий кислород.

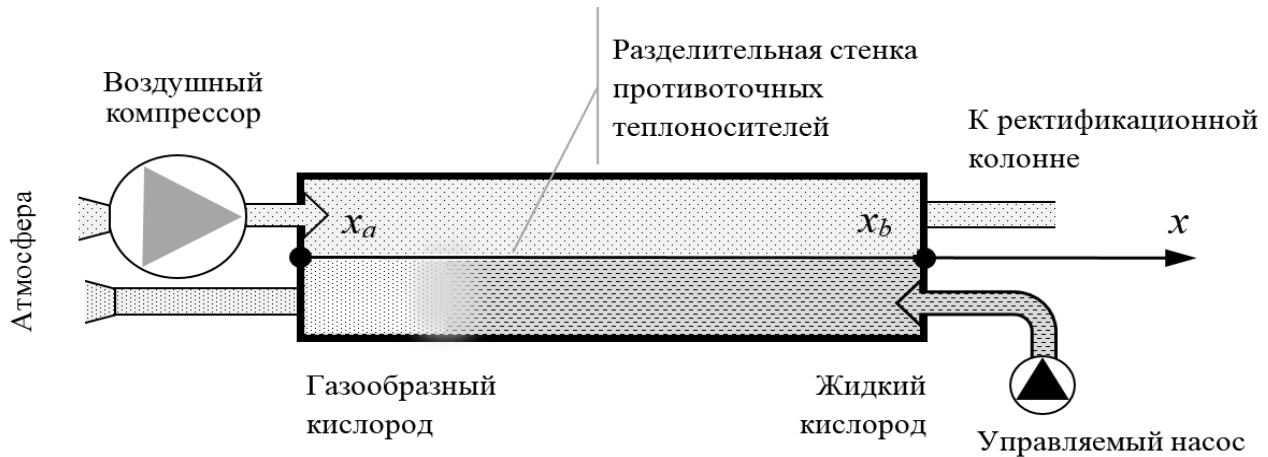


Рисунок 1 – Схема противоточного теплообменного аппарата

### Математическая модель нестационарных конвективных процессов тепломассопереноса для противоточного теплообменника

Одномерные конвективные тепловые процессы для обеих сред теплообменника можно описать следующей системой уравнений [1]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \tau} + v \frac{\partial T}{\partial x} - \frac{\lambda}{c_p \rho} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} &= \frac{q}{c_p \rho}, \\ \frac{\partial v}{\partial \tau} + v \nabla v &= \frac{1}{\rho} \nabla p, \\ \frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \operatorname{div}(\rho v) &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

где  $T$  – температура теплоносителя,  $\tau$  – время,  $v$  – линейная скорость,  $x$  – пространственная координата,  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности,  $c_p$  – удельная теплоемкость,  $\rho$  – плотность теплоносителя,  $q$  – плотность внешнего теплового потока,  $p$  – давление в потоке.

Первое уравнение системы (1) является уравнением переноса тепла, второе – уравнением движения, третье – уравнением неразрывности.

Диффузионным переносом тепла в подобных теплообменниках будем пренебрегать, поскольку он несущественен по сравнению с конвективным переносом и составляет порядка  $10^{-4}$ .

Время тепловых переходных процессов составляет больше 10 с. Время волновых процессов составляет порядка  $10^{-2}$  с. Поэтому далее при рассмотрении теплообменных процессов мы пренебрегаем гидродинамической нестационарностью.

Таким образом из второго уравнения системы (1) остаётся только условие  $p = \text{const}$ , а из третьего –  $\operatorname{div}(\rho v) = 0$ .

В результате система уравнений (1) для двух противоточных сред в теплообменном аппарате принимает вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial T_1}{\partial \tau} + v_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} = \frac{1}{c_{p1}\rho_1} [K(T_2 - T_1)], \\ \frac{\partial T_2}{\partial \tau} - v_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} = \frac{1}{c_{p2}\rho_2} \left[ K(T_1 - T_2) + \frac{1}{c_{p2}\rho_2} q \right], \\ \operatorname{div}(\rho_1 v_1) = 0, \\ \operatorname{div}(\rho_2 v_2) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Здесь  $K$  – модельный коэффициент, включающий в себя как физический коэффициент теплопередачи между теплоносителями, так и внутренние геометрические особенности теплообменника, его размерность  $\frac{Вт}{м^3 К}$ .

Течения теплоносителей в теплообменных аппаратах, как правило, сопровождаются фазовыми переходами. Данные эффекты в системе (2) учитываются введением удельного теплового потока фазовых переходов  $q$  размерности  $\frac{Дж}{м^3 с}$ . Удельный тепловой поток  $q$ , образующийся в процессе поглощения тепла кипящим кислородом, превращает вторую среду в пар. При этом поток  $q$  забирает тепло из первой среды – воздуха.

Граничные условия для системы (2):

$$T_1(\tau, x_a) = T_{1a}, \quad T_2(\tau, x_b) = T_{2b}. \quad (3)$$

Начальные условия:

$$T_1(0, x) = T_{01}(x), \quad T_2(0, x) = T_{02}(x), \quad x \in [a, b]. \quad (4)$$

Скорости  $v_1$  и  $v_2$  рассчитываются из уравнения неразрывности, решение которого можно представить в виде:

$$\rho_1 v_1(\tau, x) = C_1, \quad \rho_2 v_2(\tau, x) = C_2. \quad (5)$$

где  $C_1, C_2$  – константы, определяемые на границах теплообменника:  $C_1 = \rho_1 v_{1a}, C_2 = \rho_2 v_{2b}$ .

Так как плотность теплоносителей существенно зависит от температуры [2], то для расчета  $\rho_1$  и  $\rho_2$  обоих теплоносителей привлекается уравнение состояния реального газа Битти-Бриджмена для моля вещества под давлением  $p$  [3]:

$$p = RT \frac{(1-\varepsilon)(V+B)}{V^2} - \frac{A}{V^2}, \quad (6)$$

где  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $V(T)$  – молярный объем теплоносителя,  $A = A_0 \left(1 - \frac{a}{V}\right), B = B_0 \left(1 - \frac{b}{V}\right), \varepsilon = \frac{c}{VT^3}, A_0, B_0, a, b, c$  – эмпирические постоянные.

$$\rho(T) = \frac{M}{V(T)}, \quad (7)$$

где  $M$  – молярная масса теплоносителя.

### Построение решения задачи

Для численного решения задачи (1)-(7), проводилась конечно-разностная аппроксимация уравнений на равномерной сетке по пространству и по времени. Для аппроксимации производных привлекалась схема «прямоугольник» [4], которая приведена на рис. 2.

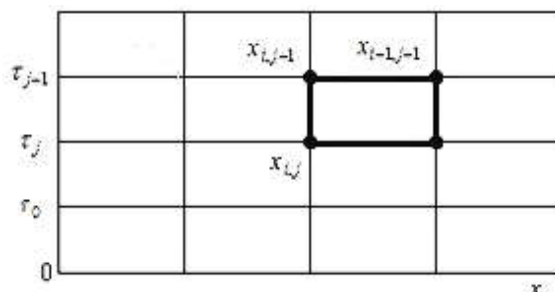


Рисунок 2 – Конечно-разностная схема типа прямоугольник для противоточных сред

Схема «прямоугольник» – неявная. Известно, что такая схема обладает погрешностью аппроксимаций второго порядка малости относительно шагов по времени  $\Delta\tau$  и пространству  $\Delta x$ . При этом уравнения (2) приобретают следующий конечно-разностный вид:

$$\begin{cases} \frac{1}{2\Delta\tau} (T_{1,i}^{j+1} - T_{1,i}^j + T_{1,i+1}^{j+1} - T_{1,i+1}^j) + \frac{v_1}{2\Delta x} (T_{1,i+1}^{j+1} - T_{1,i}^{j+1} + T_{1,i+1}^j - T_{1,i}^j) = \frac{1}{c_{p1}\rho_1} [K (T_{2,i+1/2}^{j+1/2} - T_{1,i+1/2}^{j+1/2})] \\ \frac{1}{2\Delta\tau} (T_{2,i}^{j+1} - T_{2,i}^j + T_{2,i+1}^{j+1} - T_{2,i+1}^j) - \frac{v_2}{2\Delta x} (T_{2,i+1}^{j+1} - T_{2,i}^{j+1} + T_{2,i+1}^j - T_{2,i}^j) = \frac{1}{c_{p2}\rho_2} [K (T_{1,i+1/2}^{j+1/2} - T_{2,i+1/2}^{j+1/2}) + q] \end{cases} \quad (8)$$

Из полученных алгебраических уравнений выразим явным образом искомые температуры теплоносителей:

$$\begin{cases} T_{2,i}^{j+1} = T_{2,i}^j \frac{\gamma_1 - \Delta\tau\chi K / 2}{\gamma_2} - T_{2,i+1}^{j+1} \frac{\gamma_1}{\gamma_2} + T_{2,i+1}^j \frac{\gamma_2 + \Delta\tau\chi K / 2}{\gamma_2} + \frac{2\Delta\tau\chi K T_{1,i+1/2}^j}{\gamma_2} + \frac{2\Delta\tau\chi q}{\gamma_2} \\ T_{1,i+1}^{j+1} = T_{1,i+1}^j \frac{\gamma_1 + \Delta\tau\chi K}{\gamma_2 + \Delta\tau\chi K} - T_{1,i}^{j+1} \frac{\gamma_1 + \Delta\tau\chi K}{\gamma_2 + \Delta\tau\chi K} + T_{1,i}^j \frac{\gamma_2 - \Delta\tau\chi K}{\gamma_2 + \Delta\tau\chi K} + \frac{2\Delta\tau\chi K T_{2,i+1/2}^{j+1/2}}{\gamma_2 + \Delta\tau\chi K} \end{cases} \quad (9)$$

Здесь  $\gamma_1 = 1 - v \frac{\Delta\tau}{\Delta x}$ ,  $\gamma_1 = 1 - v \frac{\Delta\tau}{\Delta x}$ ,  $\gamma_2 = 1 - v \frac{\Delta\tau}{\Delta x}$ .

При выборе шага по времени должно выполняться условие Куранта:

$$\frac{\Delta x}{|\max(v_1, v_2)|} \leq \Delta\tau, \quad (10)$$

где  $\Delta x$  – шаг по пространству,  $\max(v_1, v_2)$  – абсолютная величина линейной скорости.

### Расчет математической модели

Для численного расчета математической модели использовались данные для теплообменного аппарата Енакиевского металлургического завода (кислородный цех). В качестве начальных условий использовались значения  $T_1(0, x) = 315,15$  К,  $T_2(0, x) = 90,2$  К. Температура на границах теплообменника задавалась постоянной и равной  $T_1(\tau, x_a) = 315,15$  К,  $T_2(\tau, x_a) = 90,2$  К. Давления в потоках принимались  $p_1 = 5 \cdot 10^6$  Па,

$p_2 = 2,4 \cdot 10^6$  Па. Для решения уравнения гидродинамики на границах задавались константы  $C_1=4489$ ,  $C_2=1647$ . Расчётная сетка задавалась с ячейками по пространству  $\Delta x = 0,2$  м и шагами по времени  $\Delta t = 0,013$  с. При расчете модельный коэффициент теплообмена принимался равным  $K = 5 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>3</sup>К. Как показали расчеты (рис. 3), нестационарность, вносимая приближенными начальными условиями, исчезла приблизительно  $\tau_0 \approx 10$  с.

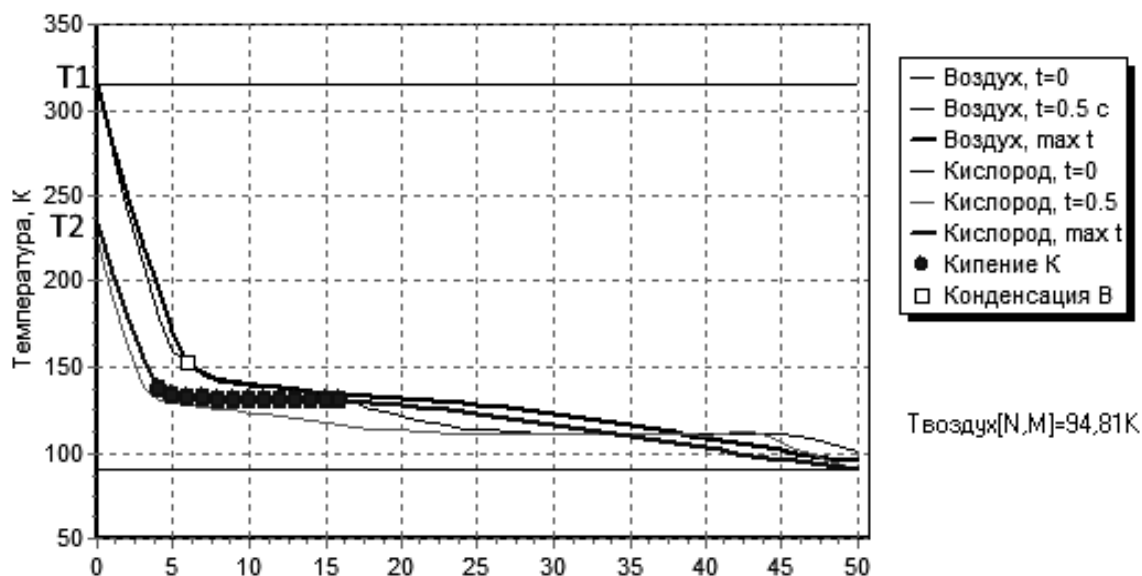


Рисунок 3 – Распределение температуры в воздухе  $T1$  и в кислороде  $T2$

Из приведенных расчетов видно, что при данном коэффициенте  $K$  температуры потоков сближаются, что соответствует хорошему теплообмену между потоками. Распределение температур воздуха  $T1$  и кислорода  $T2$  близки к реальным рабочим температурам в теплообменнике. В потоке кислорода при определенной температуре  $T2$  наблюдается фазовый переход из жидкого состояния в газообразное, что отражено заштрихованными точками на кривой  $T2$ .

### Выводы

Из приведенных результатов численного моделирования следует, что математическая модель противоточного теплообменника (1)-(7) даёт физически обоснованные распределения температур при моделировании процессов тепломассопереносов на реальных объектах.

Модельный коэффициент  $K$ , включающий в себя физический коэффициент теплопередачи, внутренние геометрические особенности теплообменника и другие физические допущения модели позволяет существенно упростить математическое моделирование тепловых процессов.

Для использования полученной модели на практике необходимо решать задачу идентификации модельного коэффициента  $K$  приведенной модели.

### Литература

1. Крейт Ф., Блэк У. Основы теплопередачи: Пер. с англ.- М.: Мир, 1983. - 512 с., ил.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика гидродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. 3-е изд., испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 736 с.
3. Уэйлес С. Фазовые равновесия в химической технологии: В 2-х ч. Ч. 1 – М.: Мир, 1989. – 304 с.
4. Самарский, А. А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1977. – 656 с.



## ПЕРЕЧЕНЬ АВТОРОВ

Вошедшие в сборник материалы IX Международной научно-технической конференции «Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование», представлены научно-педагогическими сотрудниками, аспирантами, магистрантами и студентами высших учебных заведений, которые перечислены ниже. Для каждого автора указаны номера страниц данного сборника, на которых размещена его статья.



Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Донецкий национальный технический университет»  
г. Донецк, Донецкая Народная Республика

### кафедра автоматизированных систем управления

Азоркин К. С.	33-36	Коношенко В. О.	245-250	Светличная В. А.	6-10, 11-15
Бабич К. К.	130-134	Мартыненко Т. В.	172-176	Секирин А. И.	130-134
Васяева Т. А.	118-123, 126-129	Погодин С. К.	177-181	Солоницын Л. П.	46-51
Вудвуд Е. Ю.	118-123	Потовиченко М. А.	71-75	Стрельников Е. А.	11-15
Егорова М. С.	172-176	Привалов М. В.	71-75,	Теплова О. В.	118-123
Задорожная Е. Г.	113-117		177-181, 245-250	Юрьев Н. Н.	126-129
Землянская С. Ю.	46-51	Савкин В. Ю.	6-10		
Калинин А. В.	130-134	Савкова Е. О.	33-36, 113-117		

### кафедра искусственного интеллекта и системного анализа

Гудаев О. А.	29-32	Миненко А. С.	22-25	Потопахин А. А.	65-70
Едемская Е. Н.	275-279	Нестеренко В. С.	61-64	Ручкин К. А.	65-70
Матвеев М. О.	29-32	Ольшевский А. И.	61-64	Семенова А. П.	22-25

### кафедра компьютерного моделирования и дизайна

Полшкова М. Ю. 153-156

### кафедра компьютерной инженерии

Аноприенко А. Я.	41-45	Мальчева Р. В.	56-60,	Соломаха С. С.	182-186
Достлев Ю. С.	256-260		182-186, 219-222	Струнилин В. Н.	209-213
Завадская Т. В.	187-191	Моногаров А. А.	56-60	Хайдуков А. В.	99-103
Иваница С. В.	41-45	Парфенов Д. А.	219-222	Чумаков Э. Е.	209-213
Койбаш А. А.	187-191	Сидоров К. А.	41-45		
Кривошеев С. В.	99-103, 187-191	Сноведский И. В.	256-260		

### кафедра прикладной математики

Бельков Д. В. 275-279  
Глухов Д. М. 275-279

кафедра программной инженерии

Гончаров К. Д.	230-234	Коломойцева И. А.	157-162	Чернышов Д. Н.	109-112
Григорьев А. В.	109-112	Морнева А. Е.	157-162	Чернышова А. В.	197-201
Егоров А. А.	197-201	Федяев О. И.	230-234		

кафедра экономической кибернетики

Боднар А. В.	135-138, 223-225	Коломыцева А. О.	26-28	Шаповалова А. В.	135-138
Загорная Т. А.	104-108	Нелюбина Ю. А.	104-108		



Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»**  
г. Макеевка, Донецкая Народная Республика

кафедра специализированных информационных технологий и систем

Давыденко И. П.	148-152
Малютина Т. П.	148-152
Старченко Ж. В.	148-152



Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Донецкий национальный университет»**  
г. Донецк, Донецкая Народная Республика

кафедра компьютерных технологий

Пшеничный К. А.	280-284
Толстых В. К.	280-284



**Технологический институт (филиал)**  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
**«Донской государственный технический университет»**  
г. Азов, Ростовская область, Российская Федерация

Долженко А. М.	163-166
Лобзенко П. В.	256-260
Рыбалко К. К.	163-166



Государственное учреждение  
**«Институт прикладной математики и механики»**  
Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики  
г. Донецк, Донецкая Народная Республика

отдел уравнений в частных производных

Будыка В. С. 226-229  
Грановский Я. И. 76-77



**«Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза»**  
г. Караганда, Казахстан

Молдабекова Б. К. 87-93



компания **«Clearcable Networks»**  
Дандас, г. Гамильтон, провинция Онтарио, Канада

Кирпач Е. 56-60



Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко»**  
г. Луганск, Луганская Народная Республика

кафедра информационных технологий и систем

Капустин Д. А.	52-55	Сентяй Р. Н.	52-55	Шулика Т. И.	52-55
Короп Г. В.	52-55	Швыров В. В.	52-55		



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Московский автомобильно-дорожный  
государственный технический университет (МАДИ)»**  
г. Москва, Российская Федерация

Свентковский В. А. 37-40



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»**  
г. Москва, Российская Федерация

кафедра теоретической информатики

Айдагулов Р. Р. 202-208  
Мухамедкаримов Е. 124-125



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Национальный исследовательский университет  
"Московский институт электронной техники"»**  
г. Москва, г. Зеленоград, Российская Федерация

Кожухов И. Б. 124-125



Учреждение образования  
**«Полесский государственный университет»**  
г. Пинск, Брестская область, Республика Беларусь

кафедра высшей математики и информационных технологий

Володько Л. П. 209-213  
Дегтярева И. И. 182-186  
Штепа В. Н. 99-103  
Янковский И. А. 219-222



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации»**  
г. Москва, Российская Федерация

Ченгарь И. В. 172-176



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)»**  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Шевченко Д. Д. 11-15



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»**  
г. Екатеринбург, Свердловская область, Российская Федерация

Кутафина В. И. 214-218  
Ченакал В. А. 271-274

кафедра автоматизированных систем и принятия решений

Исайчик К. Ф. 251-255

институт «Высшая школа экономики и менеджмента»

Андреева А. И.	223-225	Демина М. И.	139-143	Медведева М. А.	78-82,
Балагура К. А.	144-147	Дерябина И. Ю.	94-98		261-264
Берг Д. Б.	144-147, 235-238,	Детков А. А.	223-225	Мостовая Н. В.	239-244
	239-244	Заярский И. М.	144-147	Стрелина С. И.	261-264
Бродская А. В.	192-196	Лавриненко Т. В.	26-28	Чернильцев А. Г.	192-196
Глумова Ю. Э.	78-82	Лапшина С. Н.	26-28, 94-98		

департамент бизнес-информатики и математического моделирования

Овчинникова Т. А. 16-21

кафедра анализа систем и принятия решений

Апанасенко А. В.	235-238	Кочуров Д. Н.	167-171	Чепуров Е. Г.	265-270
Божко Ю. О.	265-270	Кузнецов А. Л.	167-171		
Комоцкий Е. И.	167-171	Назарова Ю.Ю.	83-86		



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Севастопольский государственный университет»**  
г. Севастополь, Республика Крым, Российская Федерация

Гримута А. В.	46-51	Корнев С. В.	71-75	Рыдзывыло К. Г.	6-10
Жданов Е. В.	33-36	Макаров И. В.	177-181	Смирнов И. В.	46-51
Кожбакова А. А.	113-117	Пашкова Ю. И.	245-250		



Научное издание

**ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ,  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
(ИУСМКМ-2018)**

Материалы IX Международной научно-технической  
конференции в рамках  
IV Международного Научного форума  
Донецкой Народной Республики

22-24 мая 2018 г.

**Редактор: Р. В. Мальчева**

**Дизайн и верстка: А. И. Воронова**

Web-сайт конференции: <http://www.iuskm.donntu.org>