

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ  
СОЮЗ МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СВЯЗИ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ  
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА

# **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ**

## **СТНО-2024**

**VII МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКИЙ ФОРУМ**

**Сборник трудов**

**Том 4**

Рязань  
2024

УДК 004 + 001.1 + 681.2+ 681.2+ 681.3+681.5  
С 568

Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2024 [текст]: сб. тр. VII международ. науч.-техн. форума: в 10 т. Т.4./ под общ. ред. О.В. Миловзорова. – Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2024.

**ISBN 978-5-7722-0401-6**

Т.4: – 218 с.,: ил.

**ISBN 978-5-7722-0405-4**

Сборник включает труды участников VII Международного научно-технического форума «Современные технологии в науке и образовании» СТНО-2024.

В сборнике освещаются вопросы математического моделирования, новых технологий в радиотехнике, телекоммуникациях, электротехнике и радиоэлектронике, вопросы полупроводниковой наноэлектроники, приборостроения, лазерной, микроволновой техники, силовой промышленной электроники, новые технологии в измерительной технике и системах, биомедицинских системах, алгоритмическое и программное обеспечение вычислительной техники, вычислительных сетей и комплексов, вопросы систем автоматизированного проектирования, обработки изображений и управления в технических системах, перспективные технологии в машиностроительном и нефтехимическом производствах, новые технологии и методики в высшем образовании, в т.ч. вопросы гуманитарной и физико-математической подготовки студентов, обучения их иностранным языкам, перспективные технологии электронного обучения, в том числе, дистанционного, вопросы экономики, управления предприятиями и персоналом, менеджмента, а также вопросы гуманитарной сферы.

Авторская позиция и стилистические особенности сохранены.

УДК 004 + 001.1 + 681.2+ 681.2+ 681.3+681.5

**ISBN 978-5-7722-0401-6**

**ISBN 978-5-7722-0405-4**

© Рязанский государственный  
радиотехнический университет, 2024

## **ИНФОРМАЦИЯ О VII МЕЖДУНАРОДНОМ ФОРУМЕ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ» СТНО-2024**

VII Международный научно-технический форум «Современные технологии в науке и образовании» СТНО-2024 состоялся 04.03.2024-06.03.2024 в г. Рязань в Рязанском государственном радиотехническом университете имени В.Ф. Уткина.

В рамках форума «Современные технологии в науке и образовании» СТНО-2024 состоялась работа четырех Международных научно-технических конференций:

«Современные технологии в науке и образовании. Радиотехника и электроника», секции

- Радиотехнические системы и устройства;
- Телекоммуникационные системы и устройства;
- Цифровые информационные технологии реального времени;
- Промышленная силовая электроника, электроэнергетика и электроснабжение;
- Физика полупроводников, микро- и наноэлектроника;
- Микроволновая, оптическая и квантовая электроника;
- Актуальные задачи химических технологий;

«Современные технологии в науке и образовании. Вычислительная техника и автоматизированные системы», секции

- Алгоритмическое и программное обеспечение вычислительных систем и сетей;
- ЭВМ и системы;
- Информационные технологии в конструировании электронных средств;
- Модели искусственного интеллекта в САПР;
- Информационные системы и защита информации;
- Математические методы в научных исследованиях;
- Обработка данных, изображений и управление в технических системах;
- Геоинформационные и космические технологии;
- Автоматизация производственно-технологических процессов в приборо- и машиностроении;

- Информационно-измерительные устройства и системы в технике и медицине;
- Стандартизация и управление качеством;
- Информационные системы и технологии;

«Современные технологии в науке и образовании. Экономика и управление», секции;

- Современные технологии государственного и муниципального управления;
- Экономика, менеджмент и организация производства;
- Бухгалтерский учет, анализ и аудит;
- Экономическая безопасность;
- Внешнеэкономическая деятельность;

«Современные технологии в науке и образовании. Новые технологии и методы в высшем образовании», секции

- Современные технологии электронного обучения;
- Иностранный язык в техническом вузе;
- Лингвистика и межкультурная коммуникация;
- Направления и формы гуманитаризации высшего образования и гуманитарная подготовка студентов;
- Методы преподавания и организация учебного процесса в вузе;
- Физико-математическая подготовка студентов;
- Вопросы воспитательной работы в высшей школе;
- Особенности военного образования на современном этапе.

### **Организационный комитет Форума:**

Чиркин М.В., ректор, д.ф.-м.н., проф. – председатель

Гусев С.И., проректор по научной работе и инновациям, д.т.н., проф. – зам. председателя;

Корячко А.В., проректор по учебной работе, к.т.н., доц. – зам. председателя;

Миловзоров О.В., зам. начальника управления организации научных исследований, к.т.н, доц. – координатор, главный редактор сборника трудов Форума;

Мионов В.В., ответственный редактор сборника трудов Форума;

Устинова Л.С., начальник отдела информационного обеспечения – отв. за информационную поддержку;

### **члены оргкомитета:**

Бабаян П.В., зав. кафедрой автоматике и информационных технологий в управлении, к.т.н., доц.;

Бухенский К.В., зав. кафедрой высшей математики, к.ф.-м.н., доц.;

Витязев В.В., зав. кафедрой телекоммуникаций и основ радиотехники, д.т.н., проф.;

Волченков В.А., доцент кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники, к.т.н.;

Горлин О.А., доцент кафедры электронных приборов, к.т.н., доц.;

Губарев А.В., доцент кафедры информационно-измерительной и биомедицинской техники, к.т.н., доц.;

Дмитриев В.Т., зав. кафедрой радиоуправления и связи, д.т.н., доц.;

Дмитриева Т.А., доцент кафедры вычислительной и прикладной математики, к.т.н., доц.;

Евдокимова Е.Н., зав. кафедрой экономики, менеджмента и организации производства, д.э.н., проф.;

Еремеев В.В., директор НИИ «Фотон», д.т.н., проф.;

Есенина Н.Е., зав. кафедрой иностранных языков, к.п.н., доц.;

Жулев В.И., зав. кафедрой информационно-измерительной и биомедицинской техники, д.т.н., проф.;

Карпунина Е.В., доцент кафедры экономической безопасности, анализа и учета, к.э.н., доц.;

Кислицына Т.С., старший преподаватель кафедры радиотехнических систем;

Клейносова Н.П., директор центра дистанционного обучения, к.п.н., доц.;

Клочко В.К., профессор кафедры автоматике и информационных технологий в управлении, д.т.н., проф.;

Коваленко В.В., зав. кафедрой химической технологии, к.т.н., доц.;

Корячко В.П., зав. кафедрой систем автоматизированного проектирования вычислительных средств, д.т.н., проф.;

Костров Б.В., зав. кафедрой электронных вычислительных машин, д.т.н., проф.;

Кошелев В.И., зав. кафедрой радиотехнических систем, д.т.н., проф.;

Крошилина С.В., доцент кафедры вычислительной и прикладной математики, к.т.н., доц.;

Круглов С.А., зав. кафедрой промышленной электроники, д.т.н., доц.;

Кузьмин Ю.М., доцент кафедры информационной безопасности, к.т.н., доц.;

Куприна О.Г., доцент кафедры иностранных языков, к.филол.н., доц.;

Ленков М.В., декан факультета автоматике и информационных технологий в управлении, зав. кафедрой автоматизации информационных и технологических процессов, к.т.н., доц.

Литвинов В.Г., зав. кафедрой микро- и нанoeлектроники, д.ф.-м.н., доц.;

Лукиянова Г.С., доцент кафедры высшей математики, к.ф.-м.н., доц.;

Маметова Ю.Ф., доцент кафедры иностранных языков, к.п.н., доц.;

Мельник О.В., профессор кафедры информационно-измерительной и биомедицинской техники, д.т.н., доц.;



Меркулов Ю.А., старший преподаватель кафедры автоматизации информационных и технологических процессов;

Миронов В.В., старший преподаватель кафедры Воздушно-космических сил;

Митрошин А.А., доцент кафедры систем автоматизированного проектирования вычислительных средств, к.т.н., доц.;

Мишустин В.Г., доцент кафедры микро- и нанoeлектроники, к.ф.-м.н., доц.;

Никифоров М.Б., доцент кафедры электронных вычислительных машин, к.т.н., доц.;

Овечкин Г.В., зав. кафедрой вычислительной и прикладной математики, д.т.н., проф.;

Паршин А.Ю., доцент кафедры радиотехнических устройств, к.т.н., доц.;

Паршин Ю.Н., зав. кафедрой радиотехнических устройств, д.т.н., проф.;

Перфильев С.В., зав. кафедрой государственного, муниципального и корпоративного управления, д.э.н., проф.;

Подгорнова Н.А., доцент кафедры государственного, муниципального и корпоративного управления, к.э.н., доц.;

Пржегорлинский В.Н., зав. кафедрой информационной безопасности, к.т.н., доц.;

Пылькин А.Н., профессор кафедры вычислительной и прикладной математики, д.т.н., проф.;

Сапрыкин А.Н., доцент кафедры систем автоматизированного проектирования вычислительных средств, к.т.н., доц.;

Семенов А.Р., ст.преподаватель кафедры химической технологии, к.ф.-м.н.;

Серебряков А.Е., зам. зав. кафедрой электронных приборов, к.т.н.;

Скрипкина О.В. доцент кафедры экономической безопасности, анализа и учета, к.э.н., доц.;

Соколов А.С., зав. кафедрой истории, философии и права, д.и.н.;

Таганов А.И., профессор кафедры космических технологий, д.т.н., проф.;

Тарасова В.Ю., ассистент кафедры электронных вычислительных машин, магистр;

Харитонов А.Ю., нач. военного учебного центра, полковник, к.т.н., доц.;

Холопов С.И., зав. кафедрой автоматизированных систем управления, к.т.н., доц.;

Цыцына М.И., ассистент кафедры космических технологий, магистр;

Цветков А.А., проректор по молодежной политике;

Чеглакова С.Г., зав. кафедрой экономической безопасности, анализа и учета, д.э.н., проф.;

Челебаев С.В., доцент кафедры автоматизированных систем управления, к.т.н., доц.;

Щевьев А.И., доцент кафедры истории, философии и права, к.п.н., доц..

# МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ»

## СЕКЦИЯ «АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ »

УДК 004.912; ГРНТИ 50.41.25

### ПРИМЕР УПРОЩЕНИЯ ЗАПРОСА АГРЕГАЦИИ ПОСЛЕ НОРМАЛИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ДОКУМЕНТА В СИСТЕМЕ ELASTICSEARCH

**А.В. Пруцков**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова,  
Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского,  
Российская Федерация, Рязань, <http://prutzkow.com>*

*Аннотация.* Нормализация данных упрощает разработку запросов их извлечения. Для решения задачи суммирования количества прочтений книг и статей имеется ненормализованная структура документа, в котором единая сущность разделена на две части. Предложено нормализовать структуру документа для информационно-поисковой системы Elasticsearch за счет введения нового поля – типа публикации. Разработаны запросы решения задачи для ненормализованной и нормализованной структур документа. Запрос для нормализованной структуры документа оказался почти на 14% короче запроса для ненормализованной структуры документа.

*Ключевые слова:* Elasticsearch, Elastic Stack, нормализация данных, структура документа, агрегация, логический запрос.

### AN EXAMPLE OF SIMPLIFYING AGGREGATION QUERY AFTER NORMALIZING THE MAPPING IN ELASTICSEARCH

**A.V. Prutzkow**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Ryazan State Medical University,  
Lipetsk State Pedagogical University,  
Russian Federation, Ryazan, <http://prutzkow.com>*

*Abstract.* Normalizing data makes it easier to design retrieval queries. To solve the problem of summing up the number of readings of books and articles there is a non-normalized mapping in which a single entity is splitted into two parts. We've normalized the mapping in the sense of Elasticsearch by introducing a new field – publication type. We've developed queries to solve the problem for non-normalized and normalized mappings. The query for the normalized mapping was almost 14% shorter than the query for the non-normalized mapping.

*Keywords:* Elasticsearch, Elastic Stack, data normalizing, mapping, aggregation, bool query.

#### **Введение**

В РГРТУ в курсе «Информационно-поисковые системы» изучается комплекс программ Elastic Stack. Для курса были написаны учебные пособия [1–2]. При разработке курса написаны научные статьи [3–4] и статья в сборнике трудов конференции [5].

Информационно-поисковая система Elasticsearch, входящая в комплекс программ Elastic Stack, не является реляционной базой данных, данные в ней не нормализованы с точки зрения реляционной базы данных. Отличия нормализованной и ненормализованной в Elasticsearch данных сравниваются в [6]. Основной принцип организации данных в

Elasticsearch заключается в хранении в сущности всех данных о ней [7]. Далее сущность будем считать нормализованной, если эта сущность содержит в себе все данные о ней.

Цель работы продемонстрировать на примере реальной задачи упрощение запросов агрегации за счет нормализации структуры документа.

### Задача суммирования количество прочтений книг и статей

В [8] изложена следующая реальная задача. В информационно-поисковой системе Elasticsearch необходимо подсчитать суммарное количество прочтений книг и статей по определенным категориям и отсортировать пользователей по убыванию количества прочтений. Здесь же предложена структура документа (листинг 1).

Листинг 1. Структура документа индекса my-index

```
1 PUT my-index
2 {
3   "mappings": {
4     "properties": {
5       "user": {
6         "type": "keyword"
7       },
8       "books": {
9         "type": "nested",
10        "properties": {
11          "genre": { "type": "keyword" },
12          "count": { "type": "integer" }
13        }
14      },
15      "articles": {
16        "type": "nested",
17        "properties": {
18          "genre": { "type": "keyword" },
19          "count": { "type": "integer" }
20        }
21      }
22    }
23  }
24 }
```

↳

Предлагается запрос агрегации (листинг 2) для этой структуры документа, который состоит из фильтрации вложенных документов логическим запросом (строки 3-40) и собственно агрегации (строки 41-92).

### Деление одной сущности на две

Причиной такой громоздкого запроса является неверный выбор структуры документа. Единая сущность «Прочтение» разделена на две сущности: «Прочтение книг» и «Прочтение статей». Это вызывает не менее двух проблем:

1) необходимость сложения прочтений книг и статей конвейерной агрегацией `bucket_script` (строки 72-80) и последующая сортировка конвейерной агрегацией `bucket_sort` (строки 81-89);

2) усложнение модификации структуры документа, документов и запросов при появлении нового типа публикации, например, комикса.

### Нормализованная структура документа и запрос решения задачи

Для нормализации в структуру документа добавляется новое поле `type` (листинг 3, строка 12). Поле может принимать значения `book` или `article`. В случае появления новых типов публикаций изменение структуры документа не требуется.

Нормализованная структура документа упростила запрос агрегации подсчета суммарного количества прочтений книг и статей по определенным категориям и сортировки пользователей по убыванию количества прочтений (листинг 4).

### Сравнение запросов решений задачи для ненормализованной и нормализованной структур документа

Сравним запросы решений задачи для ненормализованной и нормализованной структур документа (см. таблицу). Нормализация структуры данных увеличила фильтрацию на пять строк за счет указания типа публикации, но сократила агрегацию более чем в два раза.

Листинг 2. Запрос агрегации подсчета суммарного количества прочтений книг и статей по определенным категориям и сортировки пользователей по убыванию количества прочтений

```
1 | POST /my-index/_search?filter_path=aggregations
2 | {
3 |   "query": {
4 |     "bool": {
5 |       "should": [
6 |         {
7 |           "nested": {
8 |             "path": "books",
9 |             "query": {
10 |              "bool": {
11 |                "filter": [
12 |                  {
13 |                    "terms": {
14 |                      "books.genre": ["1", "2"]
15 |                    }
16 |                  }
17 |                ]
18 |              }
19 |            }
20 |          }
21 |        },
22 |        {
23 |          "nested": {
24 |            "path": "articles",
25 |            "query": {
26 |              "bool": {
27 |                "filter": [
28 |                  {
29 |                    "terms": {
30 |                      "articles.genre": ["10", "11", "12"]
31 |                    }
32 |                  }

```

```
33     ]
34   }
35 }
36 }
37 }
38 ]
39 }
40 },
41 "aggs": {
42   "users": {
43     "terms": {
44       "field": "user",
45       "size": 2
46     },
47     "aggs": {
48       "book_total_reads": {
49         "nested": {
50           "path": "books"
51         },
52         "aggs": {
53           "sum_reads": {
54             "sum": {
55               "field": "books.count"
56             }
57           }
58         }
59       },
60       "article_total_reads": {
61         "nested": {
62           "path": "articles"
63         },
64         "aggs": {
65           "sum_reads": {
66             "sum": {
67               "field": "articles.count"
68             }
69           }
70         }
71       },
72       "total_reads": {
73         "bucket_script": {
74           "buckets_path": {
75             "books_read": "book_total_reads.sum_reads",
76             "article_read": "article_total_reads.sum_reads"
77           },
78           "script": "params.books_read + params.article_read"
79         }
80       },
81       "sort_total_reads": {
```

```

82     "bucket_sort": {
83         "sort": [
84             {
85                 "total_reads": "desc"
86             }
87         ]
88     }
89 }
90 }
91 }
92 }
93 }

```

Листинг 3. Нормализованная структура документа индекса my-index-normalized

```

1  PUT my-index-normalized
2  {
3    "mappings": {
4      "properties": {
5        "user": {
6          "type": "keyword"
7        },
8        "publication": {
9          "type": "nested",
10         "properties": {
11           "genre": { "type": "keyword"},
12           "type": { "type": "keyword"},
13           "count": { "type": "integer" }
14         }
15       }
16     }
17   }
18 }

```

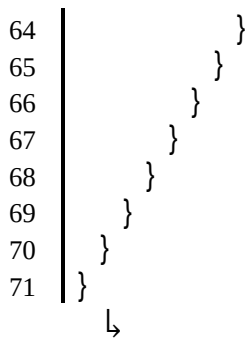
Листинг 4. Модифицированный запрос агрегации подсчета суммарного количества прочтений книг и статей по определенным категориям и сортировки пользователей по убыванию количества прочтений

```

1  POST /my-index-normalized/_search?filter_path=aggregations
2  {
3    "query": {
4      "nested": {
5        "path": "publication",
6        "query": {
7          "bool": {
8            "should": [
9              {
10             "bool": {
11               "filter": [
12                 {
13                   "term": {

```





Сравнение количество строк запросов решений задачи для ненормализованной и нормализованной структур документа

Часть запроса	Ненормализованная структура данных, количество строк	Нормализованная структура данных, количество строк
Фильтрация логическим запросом	38	43
Агрегация	52	25

### Заключение

1. Поставлена проблема усложнения разработки запросов для ненормализованных структур документов.

2. Сформулирована задача суммирования количества прочтений книг и статей. Для решения задачи использована ненормализованная структура документа, в которой единая сущность «Прочтение» разделена на две сущности: «Прочтение книг» и «Прочтение статей». Разработан запрос агрегации решения задачи для ненормализованной структуры документа. Запрос состоит в фильтрации логическим запросом и агрегации.

3. Предложена нормализованная структура документа. Структура нормализована за счет введения нового поля – типа публикации. Разработан запрос агрегации решения задачи для нормализованной структуры документа.

4. Проведено сравнение разработанных запросов (см. пп. 2–3 заключения). Фильтрация увеличилась на пять строк за счет указания типа публикации. Агрегация сократилась более чем в два раза.

5. На примере задачи суммирования количества прочтений книг и статей показано, что нормализация данных сокращает запрос агрегации.

### Библиографический список

1. Пруцков А. В. Информационно-поисковая система Elasticsearch: учеб. пособие: в 2 т. – Рязань: РГРТУ, 2023. – Т. 1. – 172 с.
2. Пруцков А. В. Информационно-поисковая система Elasticsearch: учеб. пособие: в 2 т. – Рязань: РГРТУ, 2023. – Т. 2. – 184 с.
3. Пруцков А. В. Способ выявления книг для начального освоения комплекса программ Elastic Stack и его результаты // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – Т. 11. – № 11. – С. 53-57.
4. Пруцков А. В. Информационно-поисковое мышление: как ускорить поиск в сети Интернет и не выгореть // Информационное общество. – 2024. – № 6.
5. Пруцков А. В. Способ поиска адресов с неполным текстом запроса в системе Elasticsearch // Информационный обмен в междисциплинарных исследованиях II: сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Рязань: Акад. ФСИН России, 2023. – С. 246-250.
6. Mastering Elasticsearch. Cybellium Ltd., 2023.
7. Konda M. Elasticsearch in Action, 2nd ed. Manning, 2023.
8. Elasticsearch sort term aggregation by sum total of 2 nested term aggregations - Stack Overflow – URL: <https://stackoverflow.com/questions/77891089/elasticsearch-sort-term-aggregation-by-sum-total-of-2-nested-term-aggregations> – Дата обращения: 28.01.2024.



УДК 519.688; ГРНТИ 20.53.19

## **СПОСОБЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВХОДЯЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОДБОРЕ СХЕМЫ МЕДИКАМЕНТОЗНОГО ЛЕЧЕНИЯ**

**О.Д. Саморукова, А.В. Крошилин**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, samorukova.od@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматривается общая схема системы поддержки принятия решений при подборе схемы медикаментозного решения, а также описываются алгоритмы и принципы построения блока обработки входящей информации. Изучены виды инструкций к лекарственным средствам в части структуры и способов представления информации, сформулирована основная задача работы вышеназванного блока, выбран инструмент, предполагаемый к использованию при ее решении, описаны основные этапы обработки и извлечения интересующей информации с целью последующего использования ее в рамках работы системы в целом.

*Ключевые слова:* система поддержки принятия медицинских решений, алгоритмы извлечения текстовой информации, регулярные выражения, медикаментозное лечение.

## **METHODS OF AUTOMATIC PROCESSING OF INCOMING INFORMATION WHEN SELECTING A DRUG TREATMENT REGIMEN**

**O.D. Samorukova, A.V. Kroshilin**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, samorukova.od@yandex.ru*

*The summary.* The paper considers the general scheme of the decision support system for the selection of a drug solution scheme, as well as describes the algorithms and principles of building an incoming information processing unit. The types of instructions for medicinal products in terms of the structure and methods of presenting information are studied, the main task of the above-mentioned block is formulated, the tool intended to be used in its solution is selected, the main stages of processing and extracting information of interest for subsequent use within the framework of the system as a whole are described.

*Keywords:* medical decision support system, text information extraction algorithms, regular expressions, drug treatment.

Рынок фармакологических средств непрерывно развивается, синтезируются новые уникальные лекарственные средства, а также появляются множество аналогов уже известных препаратов, происходит активное импортозамещение и развитие отечественных фармакологических компаний. В связи с этим, возникает необходимость у специалистов постоянно отслеживать появление новых наименований лекарственных препаратов, изучать их инструкции и области применения. В виду большого объема информации данная задача является очень трудоемкой и затратной [1]. С целью решения задачи ускорения поиска необходимых препаратов проводится научная работа, направленная на разработку системы поддержки принятия медицинских решений при подборе схем медицинского лечения [2, 3, 4].

Системы поддержки принятия врачебных решений предназначены для улучшения оказания медицинской помощи путем подкрепления медицинских решений целевыми знаниями из клинической практики, исчерпывающей информацией о состоянии пациента и иной медицинской информацией [6].

В рамках уже проведенной работы [4] была разработана принципиальная схема архитектуры основных модулей системы, представленная на рисунке 1.

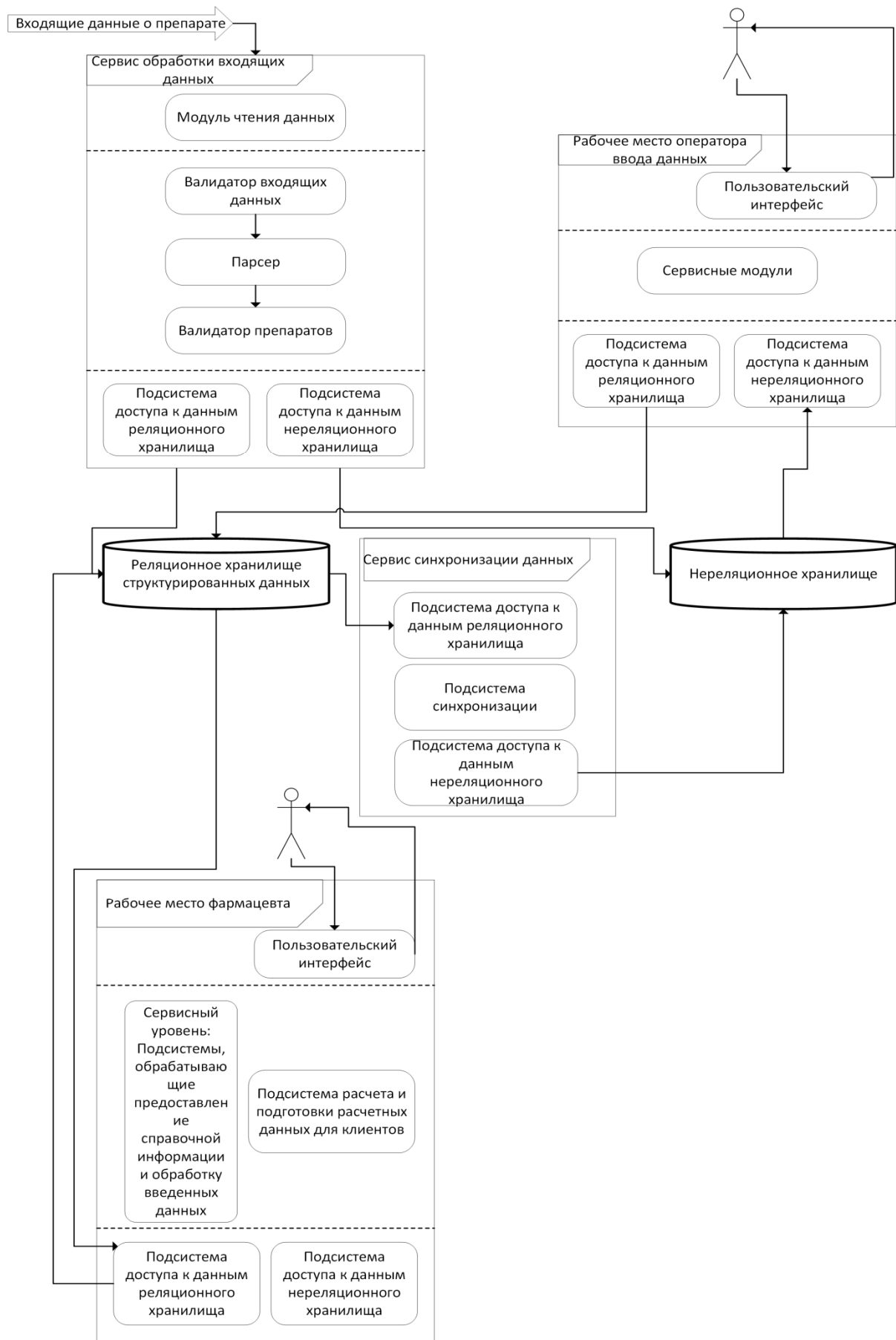


Рис. 1. Принципиальная схема архитектуры основных модулей СПДР

Система состоит из 4 сервисов и 2 видов хранилища: 2 сервиса требуют работы пользователей, 2 из них полностью автоматизированы; реляционное хранилище содержит структурированную информацию: именно по данной базе осуществляется многокритериальный поиск препаратов, в нереляционном хранилище находятся полные тексты инструкций препаратов, а также данные, требующие полной ручной обработки из-за возникновения ошибок на этапе автоматического извлечения необходимых сведений.

Более подробно остановимся на работе модуля «Сервис обработки входящей информации». Задача данного модуля – «чтение» загружаемых в систему инструкций по применению препаратов, получения необходимой для системы информации, ее структуризация и отнесение полученных данных в одно из хранилищ.

Как было сказано выше, входящей информацией для системы «обработки входящей информации» являются инструкции по применению препаратов, которые могут загружаться в систему как в виде скан-копий или фотографий, так и в виде электронных документов. В подсистеме «валидатор входящих данных» происходит проверка полученного входящего документа на возможность чтения и распознавания текста, на соответствие языка написания инструкции требованием системы (русский и латинский алфавит). Так же могут быть организованы дополнительные проверки, например, наличие регистрационного номера препарата.

Если первый этап пройден успешно, то инструкция попадает в подсистему «парсер» с целью получения данных о действующих веществах препарата и их содержании. Рассмотрим работу данного модуля более подробно.

Для начала проведем анализ инструкций препаратов на примере группы «противовоспалительные средства». Данные средства могут быть выпущены в форме таблеток, растворов для инъекций, мазей или гелей, порошков для приготовления растворов, суспензий. На рисунках 2, 3, 4 приведены выдержки из инструкций в части состава следующих противовоспалительных мазей: Гэвкамен, Диклофарм гель, Долгит гель. В рамках выявления закономерностей отражения информации было проанализировано большее количество препаратов, однако основные отличия можно рассмотреть на примере данных трёх.

#### Форма выпуска, упаковка и состав препарата Гэвкамен

*Мазь для наружного применения* белого или белого с желтоватым оттенком цвета с характерным запахом.

	100 г
левоментол	18 г
камфора рацемическая	10 г
эвкалиптовое масло	10 г

*Вспомогательные вещества:* масло гвоздичное 1 г, парафин твердый нефтяной, марка П-1 30.5 г, вазелин до 100 г.

25 г - банки стеклянные (1) - пачки картонные.

25 г - тубы алюминиевые (1) - пачки картонные.

Рис. 2. Состав препарата Гэвкамен

#### Состав

Гель для наружного применения однородный, прозрачный, бесцветный.

	1 г
диклофенак натрия	10 мг

*Вспомогательные вещества:* карбомер - 15 мг, этанол (96%) - 150 мг, изопропанол - 150 мг, троламин - 30 мг, метилпарагидроксибензоат - 1 мг, вода - 644 мг.

Рис. 3. Состав препарата Диклофарм гель

**Состав**

В 100 г геля содержится: действующее вещество: ибупрофен 5,000 г; вспомогательные вещества: изопропанол 16,500 г; диметилгидроксиметилдиоксолан (Солжетал) 14,000 г; полоксамер a;b;c = 101;56;101 (Полоксамер 407, Плуорник F 127) 12,500 г; триглицериды среднепечочные (Миглиол 812) 2,500 г; вода очищенная 49,425 г; лаванды масло 0,025 г; апельсина цветков масло (нероловое масло) 0,050 г.

Рис. 4. Состав препарата Долгит

Таким образом, раздел инструкции «состав» может быть представлен как в текстовом варианте, так и в табличном, иметь описание формы выпуска препарата или не иметь такового. При этом содержание действующих веществ может быть рассчитано на разное количество препарата: в случаях, приведенных в качестве примера, на 100 г и на 1 г.

Дополнительно проанализируем лекарства, имеющие в составе, например, диклофенак. Они выпускаются в форме таблеток и растворов для инъекций. Их составы приведены на рисунке 5 и 6 соответственно.

**Состав**

Состав на одну таблетку: действующее вещество: диклофенак натрия 100 мг; вспомогательные вещества: сахароза, цетиловый спирт, кремния диоксид коллоидный, тальк, повидон К-25, магния стеарат; оболочка: гипромелоза, титана диоксид E 171 CI 77891, тальк, полисорбат 80, макрогол 6000, краситель пунцовый [Понсо 4R] [E124], краситель коричневый [краситель солнечный закат желтый [E110], краситель азорубин [E122], краситель бриллиантовый черный [E151], алюминия гидроксид, вода], лак алюминиевый на основе красителя солнечный закат желтый [E110].

Рис. 5. Состав препарата Диклофенак таблетки

**Состав**

Состав на 1 мл препарата: действующее вещество: диклофенак натрия 25,0 мг; вспомогательные вещества: бензиловый спирт, натрия метабисульфит, маннитол, натрия гидроксид, пропиленгликоль, вода для инъекций.

Рис. 6. Состав препарата Диклофенак раствор для инъекций

Проведя анализ инструкций различных видов препаратов и форм их выпуска, можно сформулировать основную задачу работы подсистемы «парсер»: на данном этапе необходимо провести извлечение информации о содержании действующих веществ в различных препаратах, указав саму дозировку и форму дозировки (например, 1 г на 100 г, 5 мг на 1 мл и т.п.), форму выпуска (гель, раствор для инъекций, суспензия), рыночное название препарата. Своё название данная подсистема получила, исходя из самого определения парсинга – автоматизированный сбор и систематизация информации с помощью скриптов, называемых парсерами. Парсеры работают на разных языках программирования: JavaScript, Python, PHP и др.

Первым этапом обработки инструкции является приведение ее к «удобному» для машинной обработки формату: убираются все символы кроме букв, цифр, знаков препинания и пробелов; все пустые места (переносы строк, табуляции, несколько пробелов подряд) заменяются на одинарный пробел; все символы преобразуются к нижнему регистру. Дополнительно убираются знаки препинания, и инструкция записывается отдельно. Позднее рассмотрим, для чего необходимо создание двух видов обработанных инструкций.

С целью решения задачи распознавания и извлечения необходимой информации будем использовать инструмент регулярные выражения. Регулярные выражения, обычно называемые RegEx, представляют собой надежные шаблоны, используемые для поиска, сопоставления текстовых данных и манипулирования ими. Регулярные выражения играют жизненно важную роль в выполнении операций проверки и извлечения текста. Регулярное выражение работает путем определения шаблона, представляющего определенный набор символов или последовательностей. Затем этот шаблон применяется к целевому тексту для выявления совпадений или выполнения преобразований [5].

Название препарата и его лекарственная форма вводится оператором вручную при загрузке новой инструкции в систему. Таким образом, задача системы в данной части - сверить внесенное название с содержащимся в инструкции и, в случае совпадения, записать его в таблицу.

Наиболее интересна задача распознавания и извлечения названия действующих веществ и их содержания.

Как было отмечено ранее инструкции могут иметь разную структуру. Таким образом, решение задачи использованием какого-либо универсального скрипта затруднительно. Поэтому для каждого вида инструкции (для удобства, можно разрабатывать правила для каждого производителя) разрабатывается свой скрипт со схожими по содержанию, но различными по синтаксису регулярными выражениями. Одновременно эти скрипты применяются к инструкциям со знаками препинания и без них.

Приведенная на первом этапе двумя способами к нужному формату инструкция попадает во все существующие скрипты: если в базе существует 200 типов инструкций, то работает одновременного 400 скриптов (парсеров). Это сделано для получения наиболее точного результата и минимизации случаев необходимости дополнительной ручной обработки информации.

На первом шаге формируется список всех действующих веществ, найденных в данной инструкции, и всех чисел, содержащихся в тексте.

Основная задача найти «якоря»-дозировки формата [число]\_[единица измерения] или [число][единица измерения]. Справа и слева от данных якорей ищется действующее вещество, сверяется с существующей базой действующих веществ и, если оно определено корректно, записывается в таблицу. Также происходит «чистка» сформированного ранее всей найденных действующих веществ данной инструкции. Если в списке действующих веществ остались не распределенные вещества, то они проверяются дополнительными проверками на необходимость поиска его дозировки. Например, если в одном предложении с ним встречается такое слово-маркер как «противопоказания», то система понимает, что данное вещество не является действующим или вспомогательным для данного препарата и удаляет его.

С целью оценки корректности работы парсеров вводятся критерии, такие как: идентифицирован и определен вес основного вещества, не осталось не распределенных веществ, не осталось нераспределенных дозировок и т.п. По результатам работы каждый парсер получает оценку, а данные их работы передаются в следующую подсистему.

После отработки всех скриптов (парсеров), в подсистеме «валидатор препаратов» происходит проверка успешности работы подсистема «парсер» в целом. На данном этапе определяется какое количество парсеров завершили обработку с позитивным результатом (извлечены и записаны действующие вещества и их дозировки, высокий оценочный балл), сопоставляются результаты работы парсеров, определяется процент совпадений, выбирается один из 3 возможных сценариев:

1. Успешный. По результатам работы подсистемы «парсер» и «валидатор препаратов» сформирована итоговая таблица данных по обрабатываемой инструкции, данные записываются в реляционное хранилище и передаются в модуль «рабочее место фармацевта» для дальнейшей обработки.

2. Частично успешный. Например, информация о действующем веществе и дозировке получена автоматически и совпадает по результатам работы нескольких скриптов, а форма дозировки не определена или остались действующие вещества, дозировки которых не идентифицированы. Данные также попадают в реляционное хранилище, но при этом создается запрос на их ручную проверку оператором, после которой осуществляется передача информации в модуль «рабочее место фармацевта»

3. Не успешный. Информация не получена автоматически, записи в реляционное хранилище не вносятся, создается запрос на ручную обработку данных.

Все инструкции, прошедшие обработку, попадают в нереляционное хранилище с целью получения быстрого доступа к ним на любом рабочем месте пользователя. Таким образом, завершается работа модуля «Сервис обработки входящих данных».

### Библиографический список

1. О.Д. Саморукова, А.В. Крошили, С.В. Крошилина Ключевые аспекты разработки системы поддержки принятия решений при подборе схемы медикаментозного лечения // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы – Биомедсистемы-2023 [текст]: сб. тр. XXXVI Всерос. науч.-техн. конф. студ., мол. ученых и спец., 6-8 декабря 2023 г. / под общ. ред. В.И. Жулева. – Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2023. – 332с., ил. (181-184)
2. Жулев В. И., Крошили А. В., Крошилина С. В. Проектирование систем поддержки принятия решений. Учебное пособие для вузов. -М.: Горячая линия– Телеком, 2023. – 180 с.: ил.
3. Alexander Kroshilin, Svetlana Kroshilina, Alexander Pylkin, Gennady Ovechkin Managerial medical decisions and methods of obtaining medical information in conditions of uncertainty // 2021 10th Mediterranean Conference On Embedded Computing (Meco2021), 7-10 June 2021, Budva, Montenegro, 864 p, pp. 500-503.
4. Саморукова О.Д., Крошили А.В. Построение системы поддержки принятия решений для медицинских организаций // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов; Рязань: 2023 – 197 с.(66-68) .
5. Oluwole E. Five Practical Use Cases For Regular Expressions // 2023 URL: <https://blog.openreplay.com/five-practical-use-cases-for-regular-expressions/>
6. Osheroff, J. et al. Improving Outcomes with Clinical Decision Support: An Implementer’s Guide. (HIMSS Publishing, 2012).

УДК 004622; ГРНТИ 20.19.17

## О СПОСОБЕ УМЕНЬШЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ ВЕКТОРА ПРИЗНАКОВ ОБЪЕКТОВ НАБОРА ДАННЫХ

Н.И. Цуканова

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, [ninakorobova77@gmail.com](mailto:ninakorobova77@gmail.com)

*Аннотация.* В работе рассматривается способ снижения размерности вектора признаков объектов выборки, основанный на вычислении чувствительности функции цели задачи к изменениям значений признаков. Вектор чувствительности позволяет ранжировать признаки по степени влияния на целевую функцию, что позволяет выделить наиболее слабые признаки и удалить их из описания объектов предметной области.

*Ключевые слова:* машинное обучение, вектор признаков объектов и его размерность, матрица объекты-признаки, чувствительность функции цели к изменениям признаков объекта.

## ABOUT THE METHOD OF REDUCING THE DIMENSION OF THE FEATURE VECTOR OF DATA SET OBJECTS

N.I. Tsukanova

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkina,  
Russian Federation, Ryazan, [ninakorobova77@gmail.com](mailto:ninakorobova77@gmail.com)

*Annotation.* The paper discusses a method for reducing the dimensionality of the feature vector of sample objects, based on calculating the sensitivity of the task goal function to changes in feature values. The sensitivity vector allows you to rank features according to the degree of influence on the target function, which allows you to select the weakest features and remove them from the description of objects in the subject area.

*Keywords:* machine learning, object feature vector and its dimension, object-feature matrix, sensitivity of the goal function to changes in object features.

## Введение

Уменьшение размерности широко используется в области машинного обучения и анализа данных.

Главными составляющими машинного обучения [1-4] являются **данные (выборка)** о предметной области, **модель** с изменяемыми параметрами и **цель обучения**. В большинстве случаев решение задачи машинного обучения сводится к поиску оптимальных значений параметров модели, при которых **функция цели обучения** достигает своего минимального или максимального значения. Результативность и качество модели зависят от размерности задачи. Выборку данных называют матрицей «объекты-признаки» [1,2]. Каждая строка матрицы – это описание объекта, каждое поле строки (или столбец) – это один из признаков объекта. Число признаков – это та размерность, способы уменьшения которой рассматриваются в статье.

Уменьшение числа признаков необходимо для того, чтобы упростить обработку данных за счет уменьшения количества параметров объектов в наборе при сохранении ключевой информации. Когда задача связана с данными большой размерности, ее уменьшение может помочь снизить вычислительную сложность, повысить производительность и результативность модели.

В работе рассматривается способ снижения размерности вектора признаков объектов выборки, основанный на вычислении чувствительности функции цели обучения к изменениям значений признаков.

## Вычисление вектора чувствительности функции цели к изменениям значений признаков

Чувствительность функции — это степень изменения функции цели при заданном абсолютном или относительном изменении ее аргументов. В нашей задаче чувствительность характеризует степень влияния признаков на значение функции цели обучения.

Универсальным показателем чувствительности, принятым в общей теории чувствительности, является количественный показатель в виде **частной производной** функции цели обучения по соответствующему входному параметру. Он называется **функцией чувствительности**.

Таким образом, чтобы получить функцию чувствительности в нашей задаче, необходимо вычислить частные производные функции цели обучения по каждому из признаков (или по каждой составляющей вектора входных сигналов модели). А это есть градиент функции цели по входу [3].

Есть одна важная особенность градиента функции цели по входу. Он позволяет построить рейтинг признаков по своему воздействию на функцию цели и выявить среди них признаки с наибольшим влиянием. Для этого нужно с помощью обученной модели найти вектор средних значений модулей координат вектора градиента функции цели по входу по всем примерам выборки, затем составляющие полученного вектора упорядочить по убыванию и выделить наибольшие и наименьшие элементы.

Ниже приведена процедура оценки степени влияния каждого из признаков (входного сигнала НС) на функцию цели обучения. Она описана в виде функции `sr_grad_input`, на вход которой подается вся выборка, а на выходе получается среднее по всей выборке значение градиента функции цели по входу. С помощью этой процедуры строится рейтинг признаков по степени влияния на достижение поставленной цели. Определяется номер признака, наиболее влияющего на изменение функции цели.

```
def sr_grad_input (x_glob, goal):  
    grads0=[0 for j in range(cl)]  
    for i in range(len(x_glob)):
```

```

input=x_glob.iloc[i].values.reshape(1,c1)
# входной сигнал - признаки объекта выборки
input =(input.astype('float32'))
y_true =goal[i]
image = tf.Variable(input) # Преобразуем вход в переменную tensorflow
with tf.GradientTape() as tape:
    # Операции, применяемые к входным данным,
    # будут записаны на GradientTape.
    tape.watch(image)
    prediction=model(image,training=False)
#prediction - Выход НС при входном сигнале
    # Вычисляется функция цели
    loss_value = loss_fun(input, \
        image,y_true, prediction)
# обратный ход - обратное распространение ошибки и
# вычисление градиентов функции цели по входу
    grads = tape.gradient(loss_value,image)
    grads /= tf.maximum(tf.reduce_mean(tf.abs(grads)), 1e-6)
# Нормализуем градиенты
    grads = np.array(grads)
    grads0 = grads0+grads
grads_sr = abs(grads0/len(x_glob)) #
df_pr=x_df1(grads_sr) #
print("Среднее значение градиента по входам всех примеров выборки = ")
print(df_pr)
tfmax = np.amax(grads_sr) #
argmx = df_pr.columns[np.argmax(grads_sr)]
return tfmax, np.argmax(grads_sr), argmx

```

В этой процедуре используется модель нейронной сети. Предполагается, что она уже обучена на решение задачи классификации.

### Экспериментальные исследования

Для исследования предложенного в работе способа в качестве модели была выбрана нейронная сеть, предметная область – «Полеты в самолетах», набор данных «Удовлетворенность полетом». Этот набор содержит 25893 записи (примера). Каждый пример описывает отзыв о полете. Он характеризует удовлетворенность клиента полетом в зависимости от 22 параметров (признаков), например, таких как «Простота бронирования места в самолете», «Комфорт сиденья», «Услуга Wi-fi на борту», «Еда и напитки», «Возраст клиента» и т.п.

На основе набора данных была создана и обучена нейронная сеть для решения задачи бинарной классификации, которая автоматически по отзыву клиента выдавала прогноз о его удовлетворенности/неудовлетворенности полетом. На базе полученного классификатора были проведены эксперименты по снижению размерности признаков (параметров) полета.

Суть экспериментов сводилась к следующему: сначала (1 эксперимент) нейронная сеть была обучена с учетом всех 22 признаков и получен их рейтинг по убыванию степени влияния на функцию цели обучения. Затем эксперименты повторялись. На каждом из них (2-й и 3-й) удалялись по 5 наиболее слабых признаков, нейронная сеть обучалась вновь, определялось ее качество. В последнем (4-том) эксперименте были оставлены 7 наиболее сильных по влиянию признаков, и на них нейронная сеть вновь была обучена.



Таблица 1. Вектор чувствительности в экспериментах 1,2

1 эксперимент		2 эксперимент	
УслугаWi-Fi	0.770441	УслугаWi-Fi	0.578933
Тип поездки	0.503121	Комфорт_сид	0.193555
Онлайн посад	0.437697	Тип клиента	0.123205
Комфорт_сид	0.34183	Расст_полета	0.114868
Задерж_приб	0.311489	Возраст	0.109641
Обраб_багажа	0.187693	Задерж_отправ	0.105907
Тип клиента	0.132312	Обсл_на борту	0.089732
Возраст	0.076818	Обраб_багажа	0.076
Чистота	0.068786	Тип поездки	0.064651
Обсл_на борту	0.068661	Еда и напиток	0.062366
Еда и напиток	0.058194	Задерж_приб	0.062302
Задерж_отправ	0.054072	Регистрация	0.050295
Регистрация	0.050295	Онлайн посад	0.034993
Удоб_время_отправ	0.042358	Расп_термин	0.034517
Расп_термин	0.033613	Обсл_на борту	0.026134
Обсл_на борту	0.024691	Чистота	0.010626
Расст_полета	0.016446	Удоб_время_отправ	0.00086
Класс_в самолете	0.016328		
Пол	0.01467		
Развл_на борту	0.011736		
Удоб_ногам	0.008732		
Онл_брониров	0.0045		

Таблица 2. Вектор чувствительности в экспериментах 3,4

3 эксперимент		4 эксперимент	
УслугаWi-Fi	0.390268	Задерж_приб	0.735665
Задерж_отправ	0.380875	УслугаWi-Fi	0.457917
Комфорт_сид	0.293771	Тип поездки	0.178849
Тип клиента	0.2616	Комфорт_сид	0.171329
Задерж_приб	0.21528	Онлайн посад	0.072638
Онлайн посад	0.147805	Тип клиента	0.061454
Обраб_багажа	0.077199	Обраб_багажа	0.058018
Чистота	0.067791		
Обсл_на борту	0.060383		
Возраст	0.054191		
Еда и напиток	0.051594		
Тип поездки	0.016155		

Таблица 3. Оценка качества НС в зависимости от экспериментов

Номер эксперимента и его описание	val_accuracy	val_loss
1 - все признаки	0.945	0.135
2 - удалены 5 наименьших по влиянию	0.93-0.94	0.16
3 - удалены 10 признаков	0.93-0.94	0.146
4 - оставлены 7 приз. с макс. влиян.	0.91	0.21

Результаты экспериментов приведены в таблицах 1-4.

Таблица 4. Сравнение способов уменьшения размерности

По чувствительности		По корреляции с целью обуч	
УслугаWi-Fi	0.770441	Онлайн_посадка	0.49
Тип_поездки	0.503121	Класс_в_самолете	0.48
Онлайн_посадка	0.437697	Тип_поездки	0.45
Комфорт_сиденья	0.34183	Развл_на_борту	0.39
Задерж_прибытия	0.311489	Комфорт_сиденья	0.34
Обраб_багажа	0.187693	Обсл_на_борту	0.32
Тип_клиента	0.132312	Чистота	0.31
Возраст	0.076818	Удоб_ногам	0.309
Чистота	0.068786	Расст_полета	0.295
Обсл_на_борту	0.068661	УслугаWi-Fi	0.28
Еда и напитки	0.058194	Обраб_багажа	0.25
Задерж_отправлен	0.054072	Регистрация	0.24
Регистрация	0.050295	Обсл_на_борту	0.24
Удоб_время_отпр	0.042358	Еда и напиток	0.216
Распол_терминала	0.033613	Тип_клиента	0.18
Обсл_на_борту	0.024691	Онл_брониров	0.157
Расст_полета	0.016446	Возраст	0.12
Класс_в_самолете	0.016328	Пол	0.007
Пол	0.01467	Удоб_время_отпр	-0.068
Развл_на_борту	0.011736	Задерж_прибытия	-0.06
Удоб_ногам	0.008732	Задерж_отправлен	-0.05
Онл_брониров	0.0045	Распол_терминала	-0.01

В таблицах 1-2 каждый эксперимент описан двумя столбцами. В первом указаны имена признаков, во втором степень их влияния на функцию цели обучения. В таблице 3 приведена точность (accuracy) и ошибка (loss) нейронной сети на валидационной выборке после каждого из экспериментов.

Дополнительно предложенный способ сравнивался со способом оценки важности признаков по их **корреляции** с целевым показателем – меткой класса. Результаты приведены в таблице 4.

### Выводы

Из анализа результатов экспериментов (таблицы 1-4) следует, что:

1) с помощью функции чувствительности (степени влияния на функцию цели обучения) удастся оценить важность признаков объектов выборки и выделить среди них наиболее слабые, которые могут быть удалены;

2) при удалении слабых признаков (последние 10) точность решения задачи классификации падает незначительно. Даже при выборе только 7-ми наиболее важных по степени влияния признаков точность классификации хотя и упала, но осталась в приемлемом диапазоне;

3) сравнение предложенного способа со способом оценки важности признаков по корреляции с целевым атрибутом показало, что они не противоречат друг другу. Многие признаки, вошедшие в множество важных и в множество слабых оказались одинаковыми в обоих случаях. Однако способ «по чувствительности» более связан с машинным обучением, где как раз важно снижение размерности данных.

### Библиографический список

1. Цуканова Н.И., Шитова К.Г. О применении глубоких нейронных сетей к оценке кредитоспособности предприятия // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2019. № 68. С.44-54
2. Цуканова Н.И., Шитова К.Г. Поиск допустимых значений параметров заявки на кредитование с помощью нейронной сети // Вестник РГРТУ. 2021. № 78. С.89-101.
3. Александров В.В., Цуканова Н.И., Головкин Н.В., Шурыгина О.В. Применение искусственных нейронных сетей и машинного обучения к оценке качества коллективно-договорных актов в сфере образования // Вестник РГРТУ. 2023. № 86, С. 122-132.

УДК 621.396; ГРНТИ 47.47

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ ТЕРМИНОВ С ПОМОЩЬЮ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МЕРЫ TF-IDF

И.А. Буланова, А.Н. Пылькин

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, bulanova.ivetta@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются алгоритмы с использованием статистической меры TF-IDF для задачи извлечения терминов из корпуса текстов. Кроме стандартного алгоритма, описаны существующие модификации подхода TF-IDF и инструменты Python для работы с TF-IDF.

*Ключевые слова:* извлечение терминов, TF-IDF, корпус текстов, машинное обучение, Scikit-learn.

## TERM EXTRACTION USING TF-IDF STATISTICAL MEASURE

I.A. Bulanova, A.N. Pytkin

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, bulanova.ivetta@yandex.ru*

*The summary.* The paper discusses algorithms using the TF-IDF statistical measure for the task of extracting terms from a text corpus. In addition to the standard algorithm, existing modifications of the TF-IDF approach and Python tools for working with TF-IDF are described.

*Keywords:* term extraction, TF-IDF, text corpus, machine learning, Scikit-learn.

Одной из задач автоматической обработки текстов на естественном языке является извлечение терминологии предметной области.

Для извлечения терминов существуют различные группы признаков [1]:

- лингвистические признаки - части речи, главное слово фразы, количество имен существительных во фразе и др.;
- статистические признаки - длина фразы, TF, IDF, TF-IDF и др.;
- гибридные признаки.

Принцип работы существующих систем автоматического извлечения терминов следующий: на вход системе обычно подается корпус текстов, на выходе система формирует списки терминов-кандидатов, которые подлежат дальнейшей проверке [2].

В работе будет рассмотрено применение статистической меры TF-IDF для решения задачи извлечения терминов.

### Статистическая мера TF-IDF

Мера TF-IDF показывает важность слова в тексте с учетом корпуса, к которому принадлежит текст.

TF-мера (term frequency) измеряет важность слова в тексте и определяется по формуле:

$$TF(t_i, d) = \frac{n_i}{\sum_k n_k},$$

где  $t_i$  – оцениваемое слово;

$d$  – текст, содержащий слово;

$n_i$  – число вхождений слова  $t_i$  в текст  $d$ ;

сумма в знаменателе – общее число слов в тексте  $d$ .

IDF-мера (inverse document frequency) отражает долю текстов в корпусе, содержащих слово, то есть уникальность слова в корпусе текстов и определяется по формуле:

$$IDF(t_i, D) = \log\left(\frac{|D|}{|D_i|}\right),$$

где  $t_i$  – оцениваемое слово;

$D$  – общее число текстов в корпусе;

$D_i$  – число текстов корпуса, содержащих слово.

Соответственно, формула вычисления меры TF-IDF представляет собой произведение TF-меры и IDF-меры:

$$TF - IDF(t_i, d, D) = TF(t_i, d) \times IDF(t_i, D).$$

Таким образом, чем выше частота слова в тексте и чем реже оно встречается в корпусе текстов, тем TF-IDF мера больше. Это позволяет исключить из вероятных терминов союзы, предлоги и т.д., то есть слова, не несущие смысловой нагрузки. Также наиболее употребляемые слова в тексте будут иметь нулевую IDF-меру. Если слово имеет синонимы в одном тексте, то его TF-IDF мера будет меньше.

Преимущества использования подхода TF-IDF для извлечения терминов состоят в том, что происходит устранение шума в текстах и важность слов оценивается в контексте не одного текста. Недостатками же являются нехватка семантической информации о словах, так как не учитываются семантические отношения между словами, в том числе синонимия, и чувствительность к длине текста.

### Модификации подхода TF-IDF

Использование меры TF-IDF может дополняться другими средствами, увеличивающими точность и полноту определения терминов.

В работе [3] в основе алгоритма лежит кластеризация слов текста по их мерам TF-IDF. Получая два кластера – с наиболее уникальными для текста терминами и с терминами, преобладающими в корпусе текстов, авторы вводят третий кластер – серединный, который включает также слова-синонимы.

В работе [4] вместо TF-IDF меры предлагается STF-IDF мера, учитывающая семантическое представление наиболее релевантных слов по TF-IDF. Такой подход предполагает, что если TF-IDF мера определила слово как важное, то все семантически схожие с ним слова должны считаться более важными, чем слова, которые имеют меньшую семантическую схожесть. Авторы предлагают новую меру ссылаясь на проблему контекстно-зависимых текстов, например, неформальных. Разработанная система была протестирована на 160 медицинских документах, после чего были оценены ошибки в определении терминов (рис. 1), и степень ошибок для подхода STF-IDF была меньше, чем для TF-IDF.

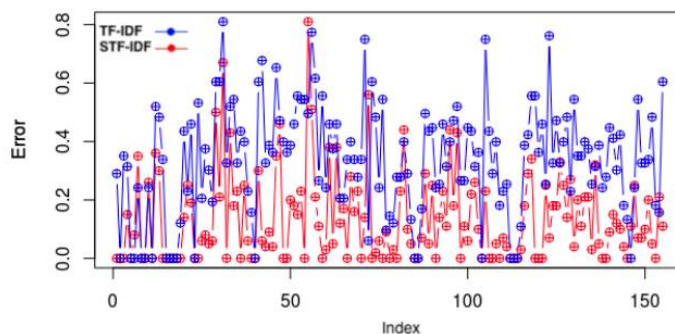


Рис. 1. Оценка ошибочного определения терминов для TF-IDF и STF-IDF

В работе [5] модернизация метода TF-IDF состоит в том, что веса (важность) слов искусственно увеличивается, если заведомо известно, что эти слова относятся к предметной области. Таким образом, авторы решают проблему полисемии, то есть многозначности слов.

Более простыми модификациями метода TF-IDF можно назвать нормализацию или использование N-грамм, которые учитывают семантические связи между смежными словами. Так как подход TF-IDF не учитывает семантические отношения в тексте, существуют другие, более подходящие методы для извлечения признаков из текста, например, Doc2Vec и Word2Vec [6].

### Применение библиотеки Scikit-learn (Python)

Библиотека Scikit-learn является популярной библиотекой Python для машинного обучения. Для работы с методом TF-IDF в ней есть классы TfidfTransformer, TfidfVectorizer и CountVectorizer [7].

Перед работой с библиотекой необходимо провести предобработку текстов. Вначале текст токенизируется, то есть делится на предложения, затем на меньшие токены – на слова. После токены переводятся в нижний регистр, среди них удаляются знаки пунктуации и стоп-слова. Далее производится лемматизация, то есть приведение слов к словарным формам или леммам. Опционально можно применить к тексту стемминг, который обрезает слова до их основ.

Классы TfidfVectorizer и CountVectorizer предназначены для векторизации текстов. Их отличие состоит в том, что CountVectorizer подсчитывает количество вхождений слова в текст, а TfidfVectorizer работает с корпусом текстов и учитывает количество вхождений в других текстах корпуса.

Класс TfidfTransformer предназначен для получения матрицы весов TF-IDF и обычно используется в сочетании с классом CountVectorizer, в то время как класс TfidfVectorizer может выполнять действия обоих предыдущих классов.

### Библиографический список

1. Бручес Е. П., Батура Т. В. Метод автоматического извлечения терминов из научных статей на основе слабо контролируемого обучения // Вестник НГУ. Информационные технологии. 2021. №2. С. 5-16.
2. Дементьева Я.Ю., Бручес Е.П., Батура Т.В. Извлечение терминов из текстов научных статей // Программные продукты и системы. 2022. №4. С. 689-697.
3. Михайлов Д.В., Козлов А.П., Емельянов Г.М. Выделение знаний и языковых форм их выражения на множестве тематических текстов: подход на основе меры TF-IDF // Компьютерная оптика. 2015. №3. с. 429-438.
4. Amir Jalilifard and Vinicius F. Carid'a and Alex F. Mansano and Rogers Cristo. Semantic Sensitive TF-IDF to Determine Word Relevance in Documents. ArXiv, 2020.
5. Оптимизация метода классификации текстов, основанного на tf-idf, за счет введения дополнительных коэффициентов
6. Извлечение признаков из текстовых данных с использованием TF-IDF: [Электронный ресурс] // URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/755772/>
7. Извлечение признаков: [Электронный ресурс] // URL: <https://scikit-learn.ru/6-2-feature-extraction/>

УДК 004.89; ГРНТИ 28.23.25

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИДЕОЛОГИЙ С ПОМОЩЬЮ АНСАМБЛЯ BERT-МОДЕЛЕЙ

И.Ю. Каширин

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, igor-kashirin@mail.ru*

*Аннотация.* Излагается концепция применения моделей глубокого обучения из области искусственного интеллекта для анализа материалов средств массовой информации (СМИ), накопленных в течение продолжительного времени. Объем такой информации позволяет использовать достижения науки в области больших данных. В статье приводится архитектура разработки и совершенствования нейросетевых моделей для анализа СМИ и рассматриваются отдельные этапы проектирования. Показываются возможности использования ансамблей моделей, основанных на современных нейронных сетях с концентрацией внимания BERT для прогнозирования конфликтов, сближения и отчуждения разных государств. Для классификации государственных идеологий разработана собственная модель глубокого обучения.

*Ключевые слова:* BERT-модели, глубокое обучение, большие данные, государственная идеология, прогнозирование конфликтов, средства массовой информации.

## ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF STATE IDEOLOGIES USING AN ENSEMBLE OF BERT MODELS

I.Yu. Kashirin

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, igor-kashirin@mail.ru*

*The summary.* This paper The concept of applying deep learning models from the field of artificial intelligence to analyze media materials accumulated over a long period of time is presented. The volume of such information makes it possible to use the achievements of science in the field of big data. The article provides an architecture for the development and improvement of neural network models for media analysis and considers individual design stages. The possibilities of using ensembles of models based on modern neural networks with BERT concentration to predict conflicts, rapprochement and alienation of different states are shown. A proprietary deep learning model has been developed to classify state ideologies.

*Keywords:* BERT models, deep learning, big data, state ideology, conflict forecasting, mass media.

Тенденции формирования и изменения идеологий различных стран мира можно проследить, исследуя основные средства массовой информации (СМИ), контролируемые соответствующими правительственными структурами. Центральными классами существующих идеологий, имеющих право на существование, сейчас всего две:

- однополярность мира, подчиненного одной доминирующей стране;
- интернационализм с принципом равенства всех стран.

Первая идеология утверждает, что в ее рамках исключены войны, т.к. весь мир является одним государством и поэтому не имеет противников. Вторая идеология пропагандирует главенство международного законодательства на принципах невмешательства стран в интересы друг друга, следствием чего является стабильный мир.

В абсолютном статусе ни та, ни другая идеологии не осуществимы в реальности. Мир развивается между этими двумя полюсами идей и непрерывно трансформируется в различных политических направлениях.

В то же время, знание о том, куда и с какой скоростью дрейфуют идеологии разных стран, дает возможность наиболее достоверно оценить текущую ситуацию. Такая оценка с большой вероятностью позволяет прогнозировать экономические кризисы и военные конфликты. Вот почему автоматизированные интеллектуальные средства анализа и прогнозирования, какими являются нейронные сети и модели глубокого обучения вообще [1,2], служат предметами актуального научного исследования.

На кафедре вычислительной и прикладной математики Рязанского государственного радиотехнического университета разработаны и модернизируются интеллектуальные модели [3,4], предназначенные для анализа и классификации материалов англоязычных СМИ. Общая архитектура разработки и совершенствования этих моделей приведена на рисунке.

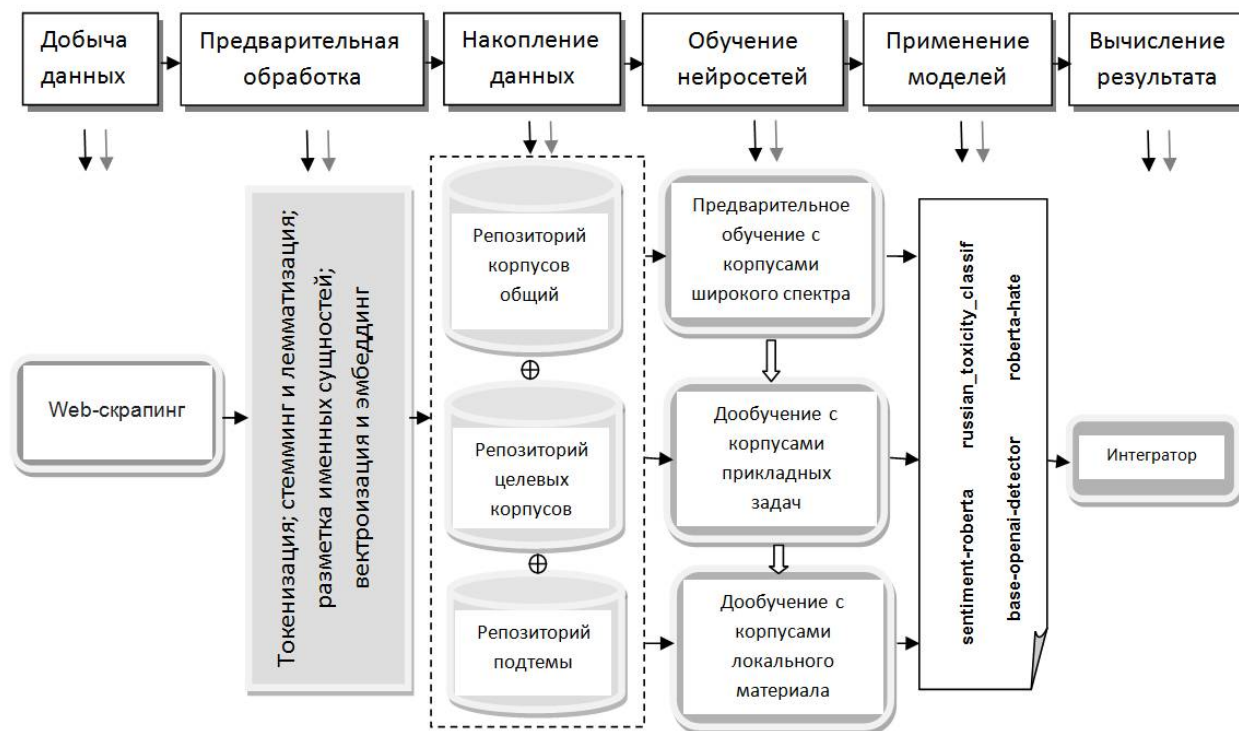


Рис. Архитектура разработки и совершенствования нейросетевых моделей для анализа СМИ

Статьи политической направленности отыскиваются в информационных ресурсах интернета и сортируются по различным тематикам, имеющим наибольшее освещение в СМИ для каждого очерченного рамками актуальности интервала времени. Это является первым этапом работы с нейросетевыми моделями и имеет наименование «добыча данных».

«Предварительная обработка» текстов СМИ состоит в выделении слов предложений, отнесения их к лексическим категориям, определению устойчивых словосочетаний и числовому кодированию, имеющими обозначения «токенизация», «лемматизация», «разметка именованных существностей» и «векторизация» соответственно.

«Накопление данных» заключается в сохранении отобранных и предварительно обработанных статей СМИ в репозиториях по разным темам, целевым классам (странам) и общим материалам. Репозитории являются корпусами [4], т.е. входными данными для обучения классифицирующих моделей.

Центральным этапом проектирования условно считается «обучение нейросетей». Для этого применяются наиболее эффективные на текущий момент времени прогнозирующие модели. Таковыми сейчас можно назвать модели с концентрацией внимания BERT [4]. Множество использованных моделей собраны в аналитический ансамбль, который можно представить списком, собранным в таблицу. Здесь представлены предобученные модели со следующими функциями:

- классификация текстов на фейк новости и достоверные материалы;
- выявление токсичных текстов, т.е. текстов, нагнетающих психологическое давление;
- определение фрагментов текста, созданных GPT-средствами;
- идентификация тональности статей на положительную и отрицательную;
- отнесение текста к прозападной или прорусской идеологии.



Последняя из перечисленных типов моделей (IYuIdeology-bert-base-cased-correct) была разработана и предобучена автором настоящей статьи.

В таблице приведены две характеристики точности F1, которые отдельно протестированы на материалах СМИ западных изданий (из списка «запад»):

West Web Sites = ['cnn.com', 'politico.com', 'bloomberg.com', 'aljazeera.com',  
'nytimes.com', 'msnbc.com', 'theguardian.com', 'indianexpress.com']

и списка отечественных англоязычных СМИ:

East Web Sites = ['sputnikglobe.com', 'RT.com', 'en.kremlin.ru', 'rbth.com', 'meduza.io/en', 'tass.com',  
'interfax.com', 'government.ru/en/news/', 'en.globalaffairs.ru', 'rossiyasegodnya.com'] .

Таблица. Характеристики моделей аналитического ансамбля

Наименование BERT-модели	Функция	Занимаемая память	Время обучения	Точность F1 запад	Точность F1 восток
hamzab-roberta-fake-news-classificatione	Фейк-новость	387 Мб	51 мин	0.5453	0.8150
GPA-roberta-base-openai-detector	Применение GPT	475 Мб	2 мин	0.7192	0.7027
SkolkovoInstitute/russian_toxicity_classifier	Токсичность текста	678 Мб	2,2 мин	0.6714	0.7059
martin-ha-toxic-comment-model	Токсичность текста	1,322 Гб	4 мин	0.7547	0.7894
IYuIdeology-bert-base-cased-correct	Идеология	1,24 Гб	2 мин	0.85	0.93
twitter-roberta-sentiment	Настроение текста	470 Мб	3,1 мин	0.6780	0.6944
facebook-roberta-hate-speech-dynabench-r4-target	Гневный текст	477,6 Мб	2 мин	0.6912	0.6800

Этап «применение моделей» заключается в проведении серии экспериментов с использованием перечисленного в таблице множества моделей на корпусах материалов различной тематики. Например, были рассмотрены следующие темы: «Путин vs Байден», «Хамас vs Цахал», «TuckerCarlson» и другие. Материалы различной тематики группировались не только по темам, но и по времени.

Временное измерение исследований дает возможность увидеть и проанализировать дрейф моделей [1] различных издательств в ту или иную идеологическую сторону, например, в сторону однополярности или интернационализма. С другой стороны, выявление ретривером (интеллектуальной программой фильтрации корпусов) изменения мощности тематических множеств со временем определяет разжигание и потерю интереса к различным политическим событиям.

Кроме того, при использовании временного фактора и ансамбля моделей можно выявить информационную зависимость одних СМИ от других, отражающую политическую зависимость одних стран от других.

Регулярное исследование тенденций государственных идеологий на основе анализа материалов СМИ как больших данных дает возможность прогнозировать появление новых очагов напряженности, цветных революций и кризисных ситуаций.

### Библиографический список

1. А.А. Анастасьев, М.С. Асташкин, П.А. Агафонов, Каширин И.Ю. Определение достоверности новостей с использованием ML-моделей, основанных на знаниях. IIASU'23 – Artificial intelligence in management, control, and data processing systems. Proceedings of the II All-Russian scientific conference (Moscow, April 27–28, 2023) : In 5 volumes. – Moscow, Publishing House «KDU», 2023. – Volume 2. – P.21-27.
2. Сатыбалдина Д.Ж., Овечкин Г.В., Калымова К.А. Система распознавания статических жестов рук с использованием камеры глубины // Вестник РГРТУ. 2020. № 72. С. 93-105.
3. Каширин И.Ю. Нейронные сети для идентификации пользователя на основе анализа посещений новостного сайта // Вестник РГРТУ. 2022. № 82. С.104-111.
4. Каширин И.Ю. Идентификация достоверности новостей с помощью моделей машинного обучения // Вестник РГРТУ. 2023. № 83 / Vestnik of RSREU. 2023. С.36-47.



УДК 004.021, ГРНТИ 28.23.17

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СОВЕРШЕННОЙ КОНЪЮНКТИВНОЙ НОРМАЛЬНОЙ ФОРМЫ

Д.И. Сторожева, Ю.С. Акинина

*Воронежский государственный технический университет,  
Российская Федерация, Воронеж, julakinn@mail.ru*

*Аннотация.* Предлагается алгоритм восстановления совершенной конъюнктивной нормальной формы, программная реализация которого позволит достигнуть рационального соотношения между быстродействием процесса восстановления СКНФ по заданной КНФ и требуемым для решения этой задачи аппаратным ресурсам.

*Ключевые слова:* алгоритм, конъюнктивная нормальная форма, совершенная конъюнктивная нормальная форма, таблица истинности

## THE DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF THE PERFECT CONJUNCTIVE NORMAL FORM RESTORING

D. Storozheva, Ju. Akinina

*Voronezh State Technical University  
Russian Federation, Voronezh, julakinn@mail.ru*

*Annotation.* The article proposes the algorithm of the perfect conjunctive normal form restoring whose software implementation allows to achieve a rational relation between the process speed of the PCNF restoring on given CNF and required hardware resources for the task solving.

*Keywords:* algorithm, conjunctive normal form, perfect conjunctive normal form, truth table

Одним из актуальных направлений развития прикладной информатики является использование алгоритмов, основанных на моделях представления знаний. Такие алгоритмы часто называют интеллектуальными. Они используются, например, при создании экспертных систем (ЭС) и автоматизации доказательства теорем. Решая задачу автоматизации логического вывода, широко используют метод резолюций, в котором логические формулы представляются в конъюнктивной нормальной форме (КНФ) [1, 2]. Иногда при решении подобных задач возникает необходимость получения из КНФ совершенной конъюнктивной нормальной формы (СКНФ).

Рассмотрим традиционный метод получения СКНФ по таблице истинности логической функции [3]:

- выбрать в таблице истинности такие входные наборы логических переменных, на которых функция имеет нулевые значения;
- по каждому такому набору составить элементарные дизъюнкции максимального ранга (макстермы);
- в макстермы записать не инвертированными переменные, заданные нулем в таблице истинности, а инвертированными - те переменные, которые в таблице истинности заданы единицей;
- полученные макстермы соединить между собой знаками конъюнкции.

Пусть логическая функция  $F(x, y, z)$  задана в виде таблицы истинности, представленной в таблице 1.

Таблица 1. Таблица истинности логической функции  $F(x, y, z)$ 

Входные наборы			Значение функции	для
x	y	z		макстерм
0	0	0	1	
0	0	1	0	$x \vee y \vee \bar{z}$
0	1	0	1	
0	1	1	1	
1	0	0	0	$\bar{x} \vee y \vee z$
1	0	1	0	$\bar{x} \vee y \vee \bar{z}$
1	1	0	0	$\bar{x} \vee \bar{y} \vee z$
1	1	1	1	

В соответствии с приведенным методом получим следующую СКНФ логической функции:

$$F^{СКНФ}(x, y, z) = (x \vee y \vee \bar{z})(\bar{x} \vee y \vee z)(\bar{x} \vee y \vee \bar{z})(\bar{x} \vee \bar{y} \vee z). \quad (1)$$

Однако функция (1) может быть представлена сокращенной КНФ следующего вида (2):

$$F^{КНФ}(x, y, z) = (\bar{x} \vee z)(y \vee \bar{z}). \quad (2)$$

Именно задача преобразования соотношения (2) к соотношению (1) и является предметом рассмотрения в данной статье.

Существует аналитический метод нахождения СКНФ по заданной КНФ [4, 5], который состоит из следующих шагов:

– в заданной КНФ функции, в те элементарные дизъюнкции, которые не содержат все переменные, от которых зависит данная функция, нужно добавить конъюнкцию каждой недостающей переменной и ее отрицания, например,  $(\bar{x} \wedge x)$ , что не меняет значения функции, так как  $\bar{x} \wedge x = 0$ ;

– раскрыть скобки по соответствующему дистрибутивному закону;

– если в полученной СКНФ есть две одинаковые элементарные дизъюнкции, то одну нужно удалить;

– если в некоторую дизъюнкцию какая-либо переменная входит дважды, то лишнюю переменную нужно удалить;

– если в элементарную дизъюнкцию входит пара - переменная и ее отрицание, например,  $(\bar{x} \vee x)$ , то эту дизъюнкцию можно удалить, так как  $\bar{x} \vee x = 1$ .

Например, пусть логическая функция  $F$  задана в виде (2).

$$F^{КНФ}(x, y, z) = (\bar{x} \vee z)(y \vee \bar{z}). \quad (2)$$

Преобразуем ее с помощью дистрибутивного закона к СКНФ, получим:

$$F^{СКНФ}(x, y, z) = (\bar{x} \vee z \vee y\bar{y})(x\bar{x} \vee y \vee \bar{z}) = (\bar{x} \vee y \vee z)(\bar{x} \vee \bar{y} \vee z)(\bar{x} \vee y \vee \bar{z})(x \vee y \vee \bar{z}) \quad (3)$$

Рассмотренный аналитический метод преобразования достаточно трудно программно реализуем, так как является ресурсоемким по объему требуемой памяти ЭВМ и по времени его выполнения, особенно при большом количестве переменных, от которых зависит логическая функция.

В данной статье предлагается алгоритм получения СКНФ, представленный на рисунке 1.

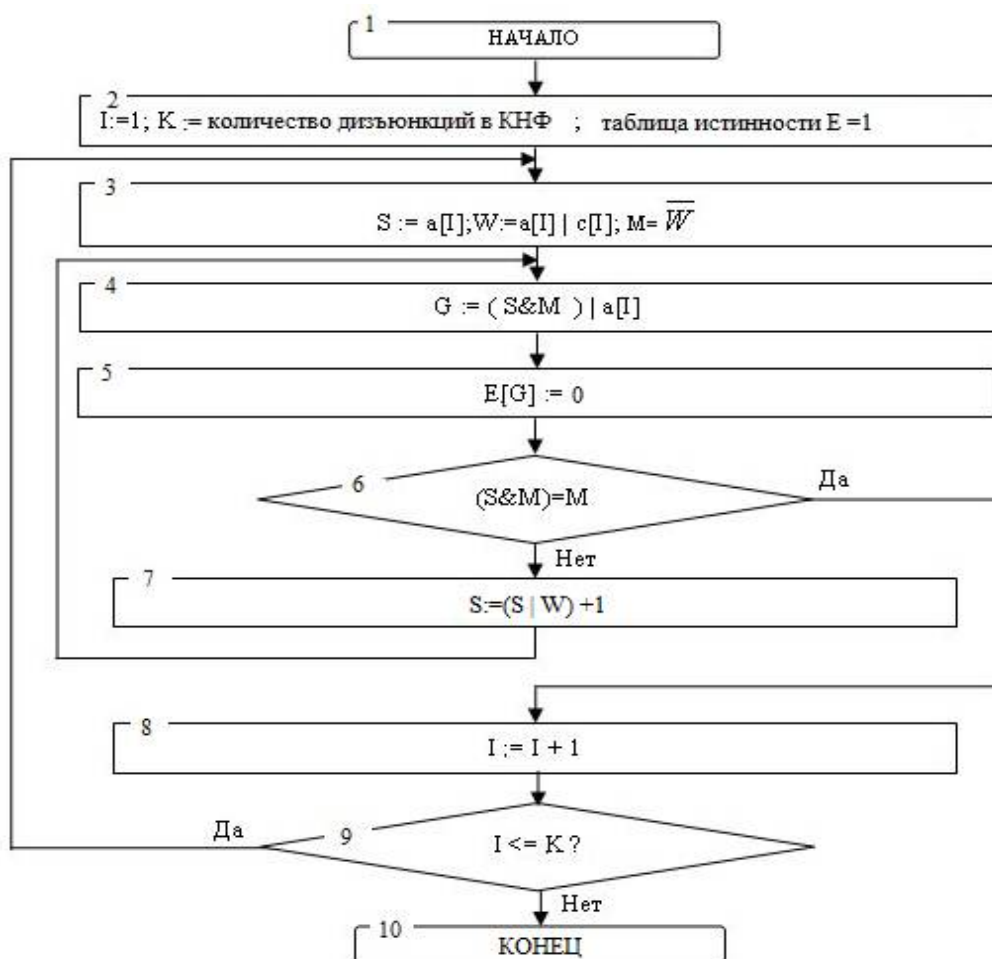


Рис. 1. Алгоритм восстановления СКНФ

Алгоритм позволяет восстановить заданную КНФ функции до ее совершенной формы. На первом шаге алгоритма нужно ввести количество ( $K$ ) элементарных дизъюнкций, входящих в КНФ, количество ( $n$ ) переменных логической функции, заполнить единичными значениями вектор  $E$  - вектор значений логической функции, размерности  $2^n$ .

Суть алгоритма состоит в следующем. Исходными данными для начала работы алгоритма являются элементарные дизъюнкции из КНФ. Каждая дизъюнкция представляется двумя двоичными векторами размерности  $n$ , где  $n$  – количество переменных функции, и за каждым разрядом двоичного вектора закрепляется определенная логическая переменная. Вектор  $a=(a_n, \dots, a_1)$  представляет своими единицами инверсные значения логических переменных, входящих в дизъюнкт, а вектор  $c=(c_n, \dots, c_1)$  – таким же образом показывает безинверсные значения логических переменных в дизъюнкте [6]. При этом переменные, для которых  $a_j$  и  $c_j$  одновременно равны 0 при  $j = \overline{1, n}$ , являются свободными переменными. Главной особенностью данного алгоритма является использование в нем масок, существенно облегчающих процесс формирования СКНФ логической функции. С помощью операции побито-

вого сложения, обозначаемой в алгоритме «|», вычисляется маска  $W$ , в которой отмечены биты переменных, присутствующих в дизъюнкции, а маска  $M = \overline{W}$  определяет отсутствующие (свободные) переменных. Использование масок позволяет уменьшить сложность восстановления СКНФ вдвое [7], так как каждой дизъюнкции некоторых свободных переменных найдется соответствующая дизъюнкция тех же свободных переменных, но имеющих противоположные значения. Следовательно, макстерм СКНФ определяется не перебором всех возможных наборов значений аргументов функции, а вычисляется на основе рекуррентного соотношения –  $G := (S \& M) | a[I]$ .

Рассмотрим процесс формирования СКНФ логической функции по представленному на рисунке 1 алгоритму на примере логической функции (2).

Пусть  $F^{КНФ}(x, y, z) = (\overline{x} \vee z)(y \vee \overline{z})$ .

Алгоритм состоит из нескольких блоков. Рассмотрим, какие действия выполняются в каждом из них.

Блок 1. Начало алгоритма.

Блок 2. Исходная КНФ состоит из двух дизъюнктов  $(\overline{x} \vee z)u(y \vee \overline{z})$ , следовательно,  $K := 2$ ;  $E := 1$ ;  $I = 1$ ;

Блок 3. Работаем с первым дизъюнктом  $(\overline{x} \vee z)$  :  $a[1] = (100)$ ;  $c[1] = (001)$ ;

$S := a[1] = (100)$ ; вычисляем маски присутствующих и свободных переменных:

$W := a[1] | c[1] = (100)|(001) = (101)$ ;  $M := \overline{W} = \overline{(101)} = (010)$  ;

Блок 4. Вычисление макстерма СКНФ:

$G := (S \& M) | a[1] = ((100) \& (010)) | (100) = (000) | (100) = (100)$ ;

Блок 5.  $E[G] = E[100] := 0$ ;

Блок 6. Проверка условия  $(S \& M) = M$  ? Подставляем значения в формулу, получаем

$((100) \& (010) \neq (010))$ . Условие не выполняется, следовательно, переходим к Блоку 7;

Блок 7.  $S := (S | W) + 1 = (100) | (101) + 1 = (110)$ . Переход к Блоку 4;

Блок 4. Вычисление макстерма СКНФ:

$G := (S \& M) | a[1] = ((110) \& (010)) | (100) = (010) | (100) = (110)$ ;

Блок 5.  $E[G] = E[110] := 0$ ;

Блок 6. Проверка условия  $(S \& M) = M$ ? Подставляем значения в формулу, получаем

$((110) \& (010) = (010))$ . Условие выполняется, следовательно, переходим к Блоку 8;

Блок 8.  $I = I + 1 = 1 + 1 = 2$ ;

Блок 9. Проверка условия  $(I \leq K)$ ? Подставляем значения  $(2 \leq 2)$ , следовательно, перебраны не все дизъюнкции в КНФ, начинаем работать со вторым дизъюнктом.

Значение «0» после первого прохода алгоритма в ТИ выставлено на наборах (100), (110) вектора  $E$ , что соответствует дизъюнктам  $(\overline{x} \vee y \vee z)$ ,  $(\overline{x} \vee \overline{y} \vee z)$ .

Блок 3. Работаем со вторым дизъюнктом  $(y \vee \overline{z})$ :  $a[2] = (001)$ ;  $c[2] = (010)$ ;

$S := a[2] = (001)$ ; вычисляем маски присутствующих и свободных переменных:

$W := a[2] | c[2] = (001)|(010) = (011)$ ;  $M := \overline{W} = \overline{(011)} = (100)$  ;

Блок 4. Вычисление макстерма СКНФ:

$G := (S \& M) | a[2] = ((001) \& (100)) | (001) = (000) | (001) = (001)$ ;

Блок 5.  $E[G] = E[001] := 0$ ;

Блок 6. Проверка условия  $(S \& M) = M$  ? Подставляем значения в формулу, получаем

$((001) \& (100) \neq (100))$ . Условие не выполняется, следовательно, переходим к Блоку 7;

Блок 7.  $S := (S \mid W) + 1 = (001) \mid (011) + 1 = (100)$ . Переход к Блоку 4;

Блок 4. Вычисление макстерма СКНФ:

$G := (S \& M) \mid a[2] = ((100) \& (100)) \mid (001) = (100) \mid (001) = (101)$ ;

Блок 5.  $E[G] = E[101] := 0$ ;

Блок 6. Проверка условия  $(S \& M) = M$ ? Подставляем значения в формулу, получаем  $((100) \& (100) = (100))$ . Условие выполняется, следовательно, переходим к Блоку 8;

Блок 8.  $I = I + 1 = 2 + 1 = 3$ ;

Блок 9. Проверка условия  $(I \leq K)$ ? Подставляем значения ( $3 \leq 2$ ), следовательно, перебраны дизъюнкции в КНФ.

Блок 10. Конец алгоритма.

Значение «0» после второго прохода алгоритма выставлено на наборах (001), (101) вектора E, что соответствует дизъюнктам  $(x \vee y \vee \bar{z}), (\bar{x} \vee y \vee \bar{z})$ .

В результате выполнения алгоритма из заданной КНФ логической функции  $F^{КНФ}(x, y, z) = (\bar{x} \vee z)(y \vee \bar{z})$  была получена следующая форма:

$$F^{СКНФ}(x, y, z) = (x \vee y \vee \bar{z})(\bar{x} \vee y \vee z)(\bar{x} \vee y \vee \bar{z})(\bar{x} \vee \bar{y} \vee z). \quad (4)$$

Очевидно, что формы (2) и (4) совпадают.

Для верификации предложенного алгоритма используем таблицу истинности (таблица 2). Вычислим векторы значений функции по исходной КНФ и по полученной СКНФ.

Таблица 2. Таблица истинности логической функции  $F^{КНФ}(x, y, z) = (\bar{x} \vee z)(y \vee \bar{z})$

x	y	z	$\bar{x}$	$\bar{z}$	$\bar{x} \vee z$	$y \vee \bar{z}$	$F^{КНФ}(x, y, z) = (\bar{x} \vee z)(y \vee \bar{z})$	$F^{СКНФ}(x, y, z)$
0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	1	1	1	1

Поскольку таблицы истинности исходной и полученной логической функции совпали, можно сделать вывод, что предложенный алгоритм работает правильно.

Представленный алгоритм обладает рядом преимуществ по сравнению с вышеизложенными:

- таблица истинности легко реализуется в машинном представлении.
- для перехода от КНФ к табличному представлению требуется реализация не очень сложной подпрограммы синтаксического разбора вводимой в ЭВМ КНФ.
- объем ТИ зависит только от количества (n) переменных логической функции и однозначно определяется величиной  $2^n$ . Это гарантирует возможность резервирования минимально необходимого ресурса памяти ЭВМ для надежного решения задачи восстановления СКНФ.

### Библиографический список

1. Дюбко, Г.Ф. Разработка экспертных систем для решения задач планирования и проектирования / Г.Ф. Дюбко, Х.И. Фуджу // Радиотехника и информатика. – 2004. – №1. – С. 141-146.
2. Стась, А. Н. Построение обучающего средства (на основе алгоритма проверки противоречивости множества дизъюнктов) / А. Н. Стась, Д. В. Карташов // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2017. – № 12 (189). – С. 184-187.
3. Акинина, Ю. С. Теория автоматов: учебное пособие / Ю. С. Акинина, С. В. Тюрин. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2023. – 156 с.
4. Вайнштейн, Ю. Математическая логика и теория алгоритмов: учебное пособие / Ю. Вайнштейн, Т. Пенькова, В. Вайнштейн. – Красноярск: ЛитРес, 2019. – 108 с.
5. Авдонин, В. С. Алгебра логики Дж. Буля / В. С. Авдонин. – М.: МЕТОД. – 2016. – С. 309-316
6. Акинин, А. А. О программной реализации алгоритма восстановления совершенной дизъюнктивной нормальной формы / А. А. Акинин, Ю. С. Акинина // Информационные технологии моделирования и управления. – 2010. – № 6(65). – С. 726-731
7. Акинина, Ю. С. Оптимистическая оценка сложности алгоритма восстановления совершенной дизъюнктивной нормальной формы / Ю. С. Акинина // Техника машиностроения. – 2002. – № 5(39). – С. 74-75.

УДК 004.056.55:004.738.5; ГРНТИ 81.93.29

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ КРИПТОГРАФИИ В ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

**Н.А. Лаптев\*, Т.А. Дмитриева\*\***

\*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, [laptev.nikita\\_mmii@mail.ru](mailto:laptev.nikita_mmii@mail.ru)

\*\*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, [Dmitrieva.tatiana.al@gmail.com](mailto:Dmitrieva.tatiana.al@gmail.com)

*Аннотация.* В работе рассматривается эффективность применения эллиптической криптографии в контексте электронной коммерции. В результате были проанализированы основные алгоритмы и протоколы, основанные на эллиптической криптографии, используемые в современных системах электронной коммерции; Рассмотрены преимущества и особенности эллиптической криптографии, а также успешные примеры ее применения в реальных проектах.

*Ключевые слова:* эллиптическая криптография, электронная коммерция, безопасность данных, конфиденциальность, алгоритмы шифрования, стандарты безопасности, протоколы, аутентификация, цифровая подпись, асимметричное шифрование.

## APPLICATION OF ELLIPTICAL CRYPTOGRAPHY IN E-COMMERCE

**N.A. Laptev\*, T.A. Dmitrieva\*\***

\*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, [laptev.nikita\\_mmii@mail.ru](mailto:laptev.nikita_mmii@mail.ru)

\*\*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, [Dmitrieva.tatiana.al@gmail.com](mailto:Dmitrieva.tatiana.al@gmail.com)

*The summary.* This paper examines the effectiveness of elliptical cryptography in the context of e-commerce. As a result, the main algorithms and protocols based on elliptical cryptography used in modern e-commerce systems were analyzed; the advantages and features of elliptical cryptography were considered, as well as successful examples of its application in real projects.

*Keywords:* elliptic curve cryptography, electronic commerce, data security, confidentiality, encryption algorithms, security standards, protocols, authentication, digital signatures, asymmetric encryption.

Электронная коммерция, будучи основой современного экономического мира, привлекает все большее внимание в контексте кибербезопасности. В условиях быстрого технологического прогресса и расширения интернет-пространства угрозы для безопасности дан-

ных и транзакций в онлайн-среде становятся более изощренными и разнообразными. В связи с этим защита конфиденциальной информации и обеспечение безопасности операций становятся неотъемлемой частью стратегии бизнеса и ключевыми факторами успеха в цифровой экономике. С учетом растущей значимости обеспечения кибербезопасности в сфере электронной коммерции, становится обязательным использование эффективных методов шифрования и защиты данных. В данном контексте эллиптическая криптография привлекает все больше внимания благодаря своей высокой степени надежности и относительной эффективности.

### **Основные принципы эллиптических кривых**

Эллиптические кривые представляют собой геометрические объекты, определяемые уравнением вида  $y^2 = x^3 + ax + b$ , где  $a$  и  $b$  – параметры, определенные над конечным полем, определяющие форму кривой. Основные принципы работы с эллиптическими кривыми включают в себя операции сложения и удвоения точек на кривой.

Операция сложения двух точек  $P$  и  $Q$  на эллиптической кривой определяется следующим образом. Если  $P \neq Q$ , то сумма точек  $P + Q$  определяется как третья точка пересечения прямой, проходящей через  $P$  и  $Q$ , с самой кривой. Если же  $P = Q$ , то операция сложения  $P + P$  называется удвоением точки  $P$ , и результат этой операции также является третьей точкой пересечения касательной к кривой в точке  $P$  с самой кривой.

### **Обзор основных алгоритмов эллиптической криптографии**

Эллиптическая криптография предлагает различные алгоритмы для решения задач шифрования, подписи и обмена ключами. Наиболее распространенные из них включают:

- ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm);
- ECDH (Elliptic Curve Diffie-Hellman);
- EdDSA (Edwards-curve Digital Signature Algorithm);
- ECIES (Elliptic Curve Integrated Encryption Scheme).

ECDSA используется для создания цифровой подписи, основанной на эллиптической криптографии. Он представляет собой модификацию классического алгоритма цифровой подписи DSA, применяемого для обеспечения аутентификации и целостности данных. Сам алгоритм обеспечивает надежную защиту от подделки подписей и широко применяется в различных протоколах обеспечения безопасности, таких как TLS/SSL, SSH и других [1].

ECDH является вариантом протокола Диффи-Хеллмана, применяемого для секретного обмена ключами. Он позволяет двум сторонам безопасно согласовать общий секретный ключ через открытый канал связи. Алгоритм основан на сложности задачи вычисления дискретного логарифма на эллиптических кривых и обеспечивает защищенный обмен ключами с высоким уровнем безопасности [2].

EdDSA – криптографический алгоритм, предназначенный для создания цифровых подписей на основе эдвардсовых кривых, являющийся вариантом ECDSA, оптимизированным для работы с кривыми Эдвардса. EdDSA характеризуется более высокой скоростью выполнения и устойчивостью к атакам, связанным с боковыми каналами и факторизацией. Благодаря математическим принципам алгебры и теории чисел, EdDSA обеспечивает надежный метод создания и проверки цифровых подписей [3].

ECIES – криптографический протокол, основанный на эллиптической криптографии, который обеспечивает конфиденциальность сообщений путем комбинирования асимметричного и симметричного шифрования. Путем использования асимметричных ключей для создания сессионного ключа, последующего применения симметричного шифрования данных, ECIES обеспечивает эффективную и безопасную передачу информации в сети [4].

### **Особенности и преимущества эллиптической криптографии**

Эллиптическая криптография представляет собой ветвь криптографии, основанную на свойствах эллиптических кривых над конечными полями. Ее преимущества и особенности обусловлены сложной алгебраической структурой эллиптических кривых и их использование для решения криптографических задач.

Основные преимущества эллиптической криптографии объясняются рядом факторов. В частности, операции, такие как сложение и удвоение точек на эллиптической кривой, обладают свойствами ассоциативности и коммутативности, что облегчает выполнение криптографических операций и упрощает разработку алгоритмов. Кроме того, эллиптическая криптография обеспечивает высокий уровень безопасности при использовании более коротких ключей по сравнению с традиционными криптографическими системами, такими как RSA.

Сложность задачи вычисления дискретного логарифма на эллиптических кривых (ECDLP) является ключевым аспектом безопасности и эффективности эллиптической криптографии. Формально задача состоит в нахождении значения  $k$  из уравнения  $Q = kP$ , где  $P$  и  $Q$  – точки на эллиптической кривой. Однако, даже при известном  $P$  и  $Q$ , нахождение  $k$  остается сложной задачей из-за особенностей структуры эллиптических кривых.

Сложность ECDLP кривых обусловлена несколькими ключевыми аспектами, один из которых – свойство аддитивности, которым обладают эллиптические кривые. Аддитивность означает, что операция сложения точек на эллиптической кривой может быть определена и выполнена в рамках заданного алгоритма.

Для решения задачи ECDLP применяются различные алгоритмы, такие как алгоритм Полларда, метод «Ро» Полларда, метод квадратов, метод Коннелли и другие. Эти методы основаны на различных подходах к итеративному нахождению значения  $k$ , используя характеристики эллиптических кривых и свойства операций над точками на них. Однако, из-за отсутствия универсального алгоритма, который бы эффективно решал ECDLP для всех эллиптических кривых и всех параметров, задача решения дискретного логарифма на эллиптических кривых остаётся актуальной областью для исследований.

Другой важной особенностью эллиптической криптографии является ее устойчивость к квантовым атакам. Существует ряд алгоритмов квантовых вычислений, таких как алгоритм Шора, который является наиболее известным квантовым алгоритмом для решения задачи факторизации и дискретного логарифма, не представляет прямой угрозы для задачи ECDLP на эллиптических кривых. Сложность ECDLP обусловлена нелинейной структурой кривых, что делает применение алгоритма Шора к данной задаче непрактичным в силу ограничений квантовой аппаратуры и требуемых вычислительных ресурсов.

### **Оценка эффективности применения эллиптической криптографии в условиях электронной коммерции**

Эллиптическая криптография (ЭК) представляет собой мощный инструмент в обеспечении безопасности электронной коммерции уже сейчас. Реальные примеры использования классической криптографии на основе эллиптических кривых в таких широко распространенных продуктах и сервисах, как HTTPS (TLS), WireGuard VPN, SSH, Bitcoin/Ethereum и WhatsApp, свидетельствуют об актуальности этой технологии. Рассмотрим каждый из конкретных примеров.

Протокол HTTPS (TLS), который является основой безопасного обмена данными в сети Интернет, использует цифровые подписи и обмен ключами на основе эллиптической криптографии.

WireGuard VPN, встроенный в ядро Linux, использует алгоритм Curve25519 для обмена ключами [5].



Протокол SSH, широко используемый для удаленного доступа к серверам, также использует эллиптическую криптографию в виде кривой Эдварда Ed25519 для генерации цифровой подписи при аутентификации [6].

Криптовалюты, такие как Bitcoin и Ethereum, активно используют кривые эллиптической криптографии для создания цифровых подписей и обеспечения безопасности транзакций. Например, кривая Secp256k1 широко применяется в Bitcoin для подписи транзакций и обеспечения безопасности сети [7]. Кроме того, пороговые схемы, основанные на эллиптической криптографии, используются для хранения криптокошельков, обеспечивая дополнительный уровень безопасности и защиты от утери средств.

Наконец, WhatsApp, который является одним из самых популярных средств коммуникации, также использует эллиптическую криптографию. Используя алгоритм Curve25519, мессенджер обеспечивает энд-ту-энд шифрование сообщений [8].

Каждый из рассмотренных продуктов должен соответствовать определенным стандартам безопасности, таким как ISO/IEC 27001, ISO/IEC 27002, ISO/IEC 27018 и другим, для обеспечения надежной защиты данных и конфиденциальности пользователей. Соблюдение этих стандартов гарантирует, что продукты соответствуют современным требованиям кибербезопасности.

В совокупности соблюдение высоких требований к безопасности, а также повседневное многократное использование каждого из продуктов подтверждает надежность и эффективность применения эллиптической криптографии в контексте электронной коммерции.

### Библиографический список

1. What is the ECDSA signing algorithm? // Bit2Me Academy - Formación en Bitcoin y Criptomonedas URL: <https://academy.bit2me.com/en/what-is-ecdsa-elliptic-curve/> (дата обращения: 03.03.2024).
2. Raket Haakegaard and Joanna Lang: The Elliptic Curve DiffieHellman (ECDH) [Электронный ресурс]. URL: <http://koclab.cs.ucsb.edu/teaching/ecc/project/2015Projects/Haakegaard+Lang.pdf> (дата обращения: 03.03.2024).
3. Bernstein, Daniel J.; Duij, Niels; Lange, Tanja; Schwabe, Peter; Bo-Yin Yang (2012). «High-speed high-security signatures» (PDF). Journal of Cryptographic Engineering [Электронный ресурс] URL: <https://decred.org/research/bernstein2012.pdf> (дата обращения: 03.03.2024).
4. Víctor Gayoso Martínez, L. Hernández Encinas, Carmen Sánchez Ávila. A Survey of the Elliptic Curve Integrated Encryption Scheme [Электронный ресурс] URL: [https://www.researchgate.net/publication/255970113\\_A\\_Survey\\_of\\_the\\_Elliptic\\_Curve\\_Integrated\\_Encryption\\_Scheme](https://www.researchgate.net/publication/255970113_A_Survey_of_the_Elliptic_Curve_Integrated_Encryption_Scheme) (дата обращения: 03.03.2024).
5. Protocol & Cryptography - WireGuard // WireGuard: fast, modern, secure VPN tunnel URL: <https://www.wireguard.com/protocol/> (дата обращения: 03.03.2024).
6. What is ssh-keygen & How to Use It to Generate a New SSH Key? // PAM solutions, Key Management Systems, Secure File Transfers | SSH URL: <https://www.ssh.com/academy/ssh/keygen> (дата обращения: 03.03.2024).
7. Transactions — Bitcoin // Getting Started — Bitcoin URL: <https://developer.bitcoin.org/devguide/transactions.html> (дата обращения: 03.03.2024).
8. Li, C., Sanchez, D., & Hua, S. (2016). WhatsApp Security Paper Analysis. Tech. rep. Massachusetts Institute of Technology [Электронный ресурс] URL: <https://courses.csail.mit.edu/6.857/2016/files/36.pdf> (дата обращения: 03.03.2024).

УДК 004.852; ГРНТИ 28.23.37

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКВИВАРИАНТНОЙ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ВЫЯВЛЕНИИ АНОМАЛИЙ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

И.М. Пузанов\*, К.А. Майков\*, А.А. Бубнов\*\*, С.А. Бубнов\*\*

\*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,  
Российская Федерация, Москва, [puzanovim@yandex.ru](mailto:puzanovim@yandex.ru)

\*\*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань

*Аннотация.* Описана архитектура эквивариантной сверточной нейронной сети на основе автоэнкодера. Реализована предложенная эквивариантная нейронная сеть. Обучена модель на многомерном временном ряду. Измерены точность и полнота определения аномалий на тестовой выборке. В статье были рассмотрены особенности определения аномалий во временных рядах и исследована возможность применения свойства эквивариантности в решении поставленной задачи.

*Ключевые слова:* выявление аномалий, временные ряды, эквивариантные нейронные сети, автоэнкодер, CNN.

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF EQUIVARIANT CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK IN DETECTING TIME SERIES ANOMALIES

I.M. Puzanov\*, K.A. Maykov\*, A.A. Bubnov\*\*, S.A. Bubnov\*\*

\*Bauman Moscow State Technical University,  
Russia, Moscow, [puzanovim@yandex.ru](mailto:puzanovim@yandex.ru)

\*\*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan

*The summary.* The architecture of equivariant convolutional neural network based on autoencoder is described. The proposed equivariant convolutional neural network is realized. The model is trained on a multivariate time series. The accuracy and completeness of anomaly detection on a test sample were measured. In the article the peculiarities of anomaly detection in time series were considered and the possibility of applying the property of equivariance in solving the problem was investigated.

*Keywords:* anomaly detection, time series, equivariant neural networks, autoencoder, CNN.

Анализ временных рядов одна из задач обеспечения контроля за наблюдаемыми процессами системы. Непредвиденное поведение может свидетельствовать об атаках на систему, что в свою очередь может привести к утечке данных, финансовым потерям и юридическим последствиям [1].

Важным этапом анализа временных рядов является определение аномалий, поскольку они могут указывать на важные изменения в данных или на наличие ошибок в измерениях [2]. Аномалии во временных рядах представляют собой отклонения от обычных закономерностей или трендов. Выделяют два вида аномалий [3]:

– точечные аномалии: это отдельные точки, которые имеют значительные отклонения от обычного поведения. Их также называют выбросами, и для их обнаружения часто используются пороговые значения измеряемого показателя.

– групповые аномалии: в этом случае отдельные точки не являются аномалиями, но их совокупность ведет себя аномально по отношению к нормальному поведению процесса. Признаки таких аномалий могут включать изменение статистических показателей, таких как среднее значение, мода, медиана или дисперсия.

В данной статье основное внимание уделяется групповым аномалиям, так как они указывают на существенные проблемы в данных и их обнаружение требует больших затрат.

В 2016 году Тако Коэн и Макс Веллинг предложили концепцию групповых эквивариантных сверточных сетей, применив свойство эквивариантности к обработке пространствен-

ных структур [4]. Это позволило повысить эффективность и выразительность сети без увеличения числа ее параметров. Свойство эквивариантности выражается формулой (1).

$$f(g(x)) = g(f(x)), \quad (1)$$

где:  $f$  и  $g$  – функции преобразования.

Групповая эквивариантность объединяет в себя линейные преобразования, такие как: поворот, сдвиг, отражение [5]. Использование групповой эквивариантности в анализе временных рядов позволяет обрабатывать переменные с разными шкалами времени, что имеет практическую значимость при выявлении взаимосвязей между различными процессами.

В качестве архитектуры нейронной сети был использован автоэнкодер со слоями свертки [6]. Сверточные нейронные сети изначально были разработаны для обработки данных с пространственными отношениями, поэтому их можно модифицировать для обеспечения свойства групповой эквивариантности. Замена слоев свертки на эквивариантную свертку позволит модели быть более устойчивой к различным видам искажений и преобразований в данных. Карта признаков объекта в слоях свертки вычисляется по следующей формуле [7]:

$$G[m, n] = (x * h)[m, n] = \sum_j \sum_k h[j, k] x[m - j, n - k], \quad (2)$$

где  $x$  – матрица входных данных;

$h$  – ядро свертки,  $[m, n]$  – размерность карты признаков;

$j, k$  – проход цикла по матрице признаков.

Чтобы выделить основные, наиболее значимые признаки из входных данных был использован автоэнкодер. Он позволяет сжать исходное пространство признаков, а после реконструировать исходный вектор [6]. Ошибка реконструкции является признаком наличия аномалии в исходных данных. При превышении заранее заданного порога данные помечаются как аномальные. Ошибка реконструкции определяется следующей формулой (3):

$$\Delta x = |x - f(g(x))|, \quad (3)$$

где  $x$  – вектор входных данных;

$f$  – функция декодера;

$g$  – функция энкодера.

На основе описанной архитектуры, была реализована и обучена модель. На рисунке 1 представлена структура модели.

Layer (type)	Output Shape	Param #
input_3 (InputLayer)	[(None, 30, 46, 1)]	0
g_conv2d_4 (GConv2D)	(None, 30, 46, 64)	72
max_pooling2d_4 (MaxPoolin g2D)	(None, 10, 16, 64)	0
g_conv2d_5 (GConv2D)	(None, 10, 16, 64)	4608
max_pooling2d_5 (MaxPoolin g2D)	(None, 4, 6, 64)	0
conv2d_transpose_4 (Conv2D Transpose)	(None, 8, 12, 8)	4616
conv2d_transpose_5 (Conv2D Transpose)	(None, 16, 24, 8)	584
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 16, 24, 1)	33
tf.image.resize_2 (TFOPlam bda)	(None, 30, 46, 1)	0

=====  
Total params: 9913 (38.72 KB)  
Trainable params: 9913 (38.72 KB)  
Non-trainable params: 0 (0.00 Byte)

Рис. 1. Структура модели эквивариантной сверточной сети

Входной вектор имеет размер  $30 \times 46 \times 1$ , что соответствует окну размером 30 и 46 наблюдаемым процессам. Затем применяется этап эквивариантного сверточного сжатия размерности до латентного пространства размером  $4 \times 6 \times 64$ . После этого следует процесс декодирования с использованием обратных сверточных операций. Выходной вектор соответствует размеру исходного вектора. Модель состоит из 7 скрытых слоев, и общее количество параметров равно 9913.

Обучение и тестирование нейронной сети проводилось на датасете SWaT [8], состоящем из 46 наблюдаемых процессов, затраченное машинное время составляло 2 часа на аппаратной платформе Intel CORE i5, ОЗУ 16 Гб.

Обработка данных временного ряда заключалась в разбиении исходного ряда на небольшие фрагменты (окна). Каждое окно представляет собой последовательность значений временного ряда. Затем эти фрагменты используются в качестве входных данных в автоэнкодер.

На рисунке 2 представлен график ошибки сети на тестовой выборке.

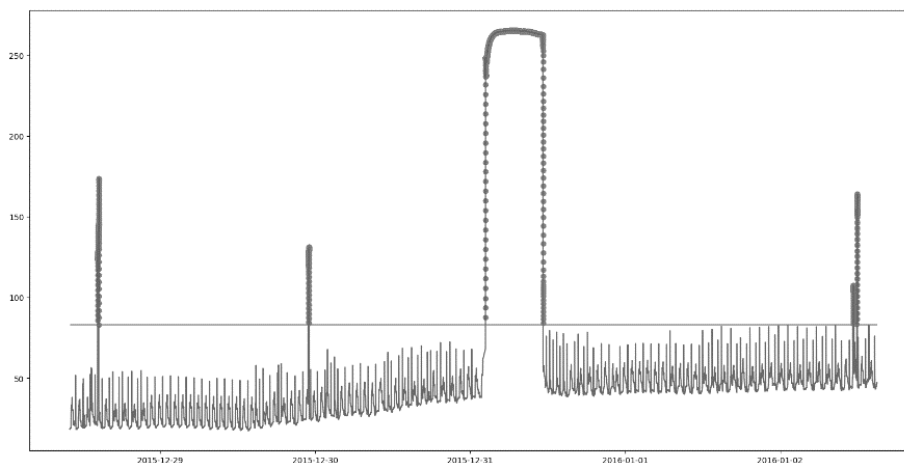


Рис. 2. График ошибки эквивариантной сверточной сети на тестовой выборке.

Для определения аномальных данных используется пороговое значение ошибки, которое отмечено горизонтальной линией. В данном случае пороговое значение равно 83. Если ошибка сети превышает это значение, то данные считаются аномальными.

На рисунке 3 представлен временной ряд наблюдаемых процессов. Размеченные аномалии отмечены верхними точками, выявленные аномалии – нижними. Области временного ряда, которые внесли вклад в ошибку реконструкции и были обозначены как аномалии, выделены рамками.

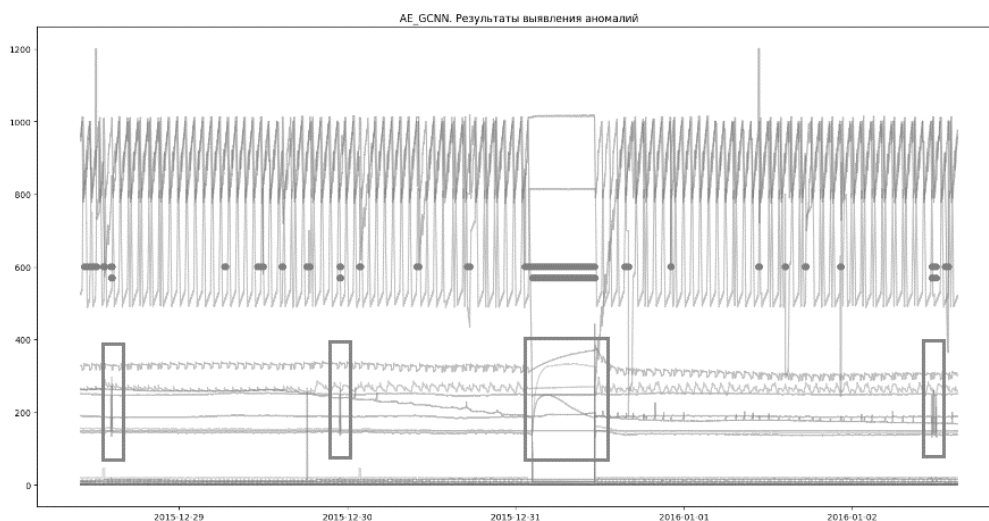


Рис. 3. Результаты выявления аномалий эквивариантной сверточной сетью

Были измерены метрики на тестовой выборке, и получены следующие результаты:

- 1) Accuracy – 0,952.
- 2) Precision – 0,989.
- 3) Recall – 0,614.
- 4) F1-score – 0,758.

Таким образом, можно сделать вывод, что эквивариантная сверточная нейронная сеть на основе автоэнкодера позволяет обнаружить групповые аномалии в многомерных временных рядах.

### Библиографический список

1. 8 Types of Web Application Attacks and Protecting Your Organization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://brightsec.com/blog/8-types-of-web-application-attacks-and-protecting-your-organization/>
2. Анализ временных рядов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/732080/>.
3. Поиск аномалий во временных рядах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/588320/>.
4. Taco S. Cohen, Max Welling. Group Equivariant Convolutional Networks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1602.07576.pdf>.
5. Lek-Heng Lim, Bradley J. Nelson. What is an equivariant neural network? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2205.07362>.
6. Сравнительный анализ алгоритмов машинного обучения для определения предотказных и аварийных состояний авиадвигателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.iae.nsk.su/images/stories/5\\_Autometria/5\\_Archives/2020/6/05\\_Abdurakipov.pdf](https://www.iae.nsk.su/images/stories/5_Autometria/5_Archives/2020/6/05_Abdurakipov.pdf).
7. Сверточная нейронная сеть, часть 1: структура, топология, функции активации и обучающее множество [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/348000/>.
8. Secure Water Treatment [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://itrust.sutd.edu.sg/testbeds/secure-water-treatment-swat/>.

УДК 331.5.024.54; ГРНТИ 06.77.67

## **ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ГРЕЙДОВ В ОРГАНИЗАЦИИ**

**А.А. Милованов, С.В. Крошила**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, milavsor1@gmail.com*

*Аннотация.* Рассматривается внедрение системы грейдов в организации. Приводятся основные методы системы грейдов «от вершины к основанию» и «от основания к вершине», с описанием каждого из них. Рассматриваются сильные и слабые стороны каждого метода с выводом о выборе для конкретного случая. Рассмотрена необходимость внедрения данной системы и что можно добиться после ее внедрения. Рассмотрены конкретные этапы внедрения данной системы. Указаны необходимые грейды для компании, занимающиеся проектной разработкой.

*Ключевые слова:* грейды, мотивация, внедрение, разработка.

## **INTRODUCTION OF THE GRADING SYSTEM IN THE ORGANIZATION**

**A.A. Milovanov, S.V. Kroshilina**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, milavsor1@gmail.com*

*Abstract.* The implementation of a grading system in an organization is discussed. The main methods of the system of grades "from top to bottom" and "from base to top" are given, with a description of each of them. The strengths and weaknesses of each method are considered with a conclusion about the choice for a particular case. The necessity of implementing this system is considered and what can be achieved after its implementation. The specific stages of the implementation of this system are considered. The necessary grades are indicated for the company engaged in project development.

*Keywords:* grades, motivation, implementation, development.

Проектное управление является одним из ключевых инструментов для достижения успеха в грамотной организации бизнес процессов. Оно позволяет эффективно координировать работу над сложными и комплексными проектами, а также обеспечивать оптимальное использование ресурсов. Однако, чтобы проектное управление было максимально эффективным, необходимо внедрять различные инструменты и методы, которые помогут оптимизировать процессы и повысить производительность труда [1, 2]. Одним из таких инструментов является система грейдов.

Система грейдов – это метод оценки и ранжирования должностей по уровню сложности, ответственности и квалификации сотрудников.

Существует несколько методов внедрения систем грейдов в проектном управлении. Один из них - это метод «от вершины к основанию» который предполагает определение грейда для каждого участника проекта на основе его роли и ответственности. Другой метод - это метод «от основания к вершине», который начинается с определения грейда для наименее квалифицированных участников и постепенно повышает его для более опытных. Разберем более подробно эти два метода [3].

Метод «от вершины к основанию» представляет собой стратегию, при которой организация начинает с определения наивысшего уровня должностей и грейдов внутри компании, а затем постепенно опускается вниз по иерархии, устанавливая грейды для более низких уровней. Преимущества данного метода заключаются в более прозрачной и справедливую систему оплаты труда, выравнивание компенсации с ролями и ответственностями в организации, а также более эффективное управление и мотивацию персонала. Однако этот подход требует тщательного анализа и планирования, чтобы обеспечить правильное применение системы грейдов на всех уровнях организации.

Метод «от основания к вершине» представляет собой стратегию, при которой организация начинает с определения грейдов для более низких уровней должностей и постепенно продвигается вверх по иерархии, устанавливая грейды для более высоких уровней. Преимущества метода внедрения системы грейдов «от основания к вершине» включают более диф-

ференцированную и адаптивную систему оплаты труда, которая учитывает специфику различных уровней должностей в организации, а также может способствовать более эффективному управлению и мотивации персонала. Однако такой подход также требует тщательного анализа и планирования, чтобы обеспечить правильное применение системы грейдов на всех уровнях организации.

У каждого из данных методов имеются свои недостатки и преимущества. К преимуществам метода «от основания к вершине» можно отнести, учитывание стратегических целей и потребности компании, установка четкой иерархии и структуры компании. К недостатком данного подхода можно отнести сопротивление сотрудников на более низких уровнях иерархии. К преимуществам метода «от основания к вершине» можно отнести мнение сотрудников на более низких уровнях иерархии к недостаткам, может не учитывать стратегические потребности и требования компании на верхних уровнях. Таким образом, выбор предпочтительного метода зависит от конкретных факторов, таких как культура организации, ее структура, стратегические цели и предпочтения руководства. В целом, если организация стремится к большей прозрачности, вовлеченности сотрудников, метод «от основания к вершине» может быть предпочтительным. Однако, если стратегические потребности и высокая производительность ключевых ролей имеют первостепенное значение, то метод «от вершины к основанию» может быть более подходящим.

В проектной разработке система грейдов может быть использована для определения относительного уровня сложности различных позиций в проекте, что дает возможность устанавливать адекватные уровни премирования сотрудников. При внедрении системы грейдов в проектное управление, можно обеспечить справедливое распределение ресурсов между проектами и командами, а также повысить мотивацию сотрудников к выполнению своих обязанностей [4]. С помощью данной системы можно:

1. Оценить сложность той или иной работы в проекте для каждой роли. Например, работа продукт менеджера проекта (PM), может быть отнесена к более высокому грейду, чем работа разработчика, поскольку PM проекта отвечает за координацию работы различных членов команды и управление рисками.

2. Детально определить вознаграждения за работу. Помимо уже действующей системы мотивации, например KPI, система грейдов может помочь определить вознаграждение и компенсацию для различных позиций в проекте.

Детально рассчитать ресурсы команды в проекте. Более опытные и квалифицированные члены команды, работающие на более высоких грейдах, могут быть назначены на более сложные задачи или проекты с высоким уровнем риска.

Внедрение системы грейдов можно разделить на несколько этапов [5]:

1. Определение грейдов и должностей:
  - В компании определены различные уровни грейдов, начиная с Junior Developer и заканчивая Team Lead и Technical Director.
  - Каждому уровню грейда соответствует набор критериев, таких как уровень образования, опыт работы, навыки программирования, умение решать сложные задачи и коммуникационные навыки.
2. Оценка должностей:
  - HR-отдел проводит оценку каждой должности с учетом установленных критериев.
  - На основе этой оценки каждой должности присваивается определенный уровень грейда.
3. Коммуникация и обучение:
  - Сотрудникам и менеджерам проводятся обучающие мероприятия по новой системе грейдов.
  - Объясняется, какие критерии и параметры используются для определения уровня грейда и как это влияет на их карьерный рост и премиальную часть.
4. Структура заработной платы:

- Для каждого уровня грейда устанавливается определенный диапазон заработной платы.

- На основе этой структуры заработной платы сотрудники получают соответствующую оплату в зависимости от своего уровня грейда и продвижения в карьере.

5. Обратная связь и адаптация:

- Регулярно проводятся обзоры производительности и карьерные разговоры, на которых сотрудникам предоставляется обратная связь о их производительности и возможностях роста.

- В случае необходимости система грейдов может быть адаптирована или обновлена, чтобы отразить изменения в бизнес-среде или потребностях компании.

Для компании, занимающейся разработкой программного обеспечения, актуальной является следующая система грейдов:

1. Junior Developer (младший разработчик) - это грейд для начинающих разработчиков, которые только начинают свою карьеру в области разработки программного обеспечения.

2. Middle Developer (средний разработчик) - это грейд для разработчиков, которые имеют опыт работы от 1 до 3 лет и могут выполнять более сложные задачи.

3. Senior Developer (старший разработчик) - это грейд для опытных разработчиков, которые имеют опыт работы более 3 лет и могут руководить проектами и командами разработчиков.

4. Team Lead (руководитель команды) - это грейд для руководителей команд разработчиков, которые могут управлять проектами и командами разработчиков.

5. Project Manager (менеджер проекта) - это грейд для менеджеров проектов, которые могут управлять проектами и командами разработчиков.

6. Technical Director (технический директор) - это грейд для технических директоров, которые могут управлять всей технической командой компании.

Каждый грейд имеет свои требования и обязанности, которые должны быть выполнены сотрудником для перехода на следующий уровень. Например, для перехода на грейд Senior Developer сотрудник должен иметь опыт работы более 3 лет и быть способным руководить проектами и командами разработчиков.

Преимущества использования систем грейдов в проектном управлении включают:

- Обеспечение прозрачности и справедливости в распределении ресурсов;
- Улучшение эффективности работы команды;
- Увеличение мотивации участников проекта;
- Снижение затрат на обучение и развитие персонала

Системы грейдов являются эффективным инструментом управления проектами, который позволяет распределять ресурсы между участниками проекта и обеспечивать достижение поставленных целей позволяет организации определить уровень квалификации и опыта работы каждого сотрудника и использовать эту информацию для принятия решений о премировании, продвижении по карьерной лестнице.

### Библиографический список

1. Крошила С.В. Предметно-ориентированные информационные системы: учебное пособие / А.В. Крошилин, С.В. Крошила, Г.В. Овечкин. — Москва: КУРС, 2023. — 176 с. — (Естественные науки).
2. Крошилин А.В., Крошила С.В., Жулева С.Ю. Разработка системы поддержки принятия решений для организации рабочего времени медицинского работника на основе методов искусственного интеллекта // Биомедицинская радиоэлектроника. 2023. Т. 26. № 3. С. 55-60.
3. Чемяков Валерий Павлович, Грейдинг - Технология построения системы управления персоналом. - Москва: Издатель: Вершина, 2007.
4. Ольга Кныш, Управление оплатой труда. Разработка системы грейдов. – Москва: Издательство Автор, 2019.
5. Алексей Ребров, Егор Ворогушин, Система грейдов: как разработать и внедрить. – Москва: Издательство Лица, 2011.



УДК 004.855.5; ГРНТИ 28.23.01

## ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАШУМЛЕННЫХ И ДИСБАЛАНСИРОВАННЫХ ДАННЫХ

Г.В. Овечкин, Д.И. Успенский

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, denisuspenskiy@mail.ru

*Аннотация.* В работе рассматривается алгоритм повышения качества моделей табличного машинного обучения при обучении на дисбалансированных и зашумленных данных. Работа алгоритма описывается на основе решения задачи бинарной классификации. Детально рассмотрены каждый из этапов преобразования входных данных и построения финального прогнозного ансамбля моделей. Проведено качественное сравнение описываемого и классического способов обучения для указанных условий.

*Ключевые слова:* табличное машинное обучение, дисбаланс классов, бинарная классификация, семплирование, TomekLinks, CatBoost, ансамблирование.

## OPTIMIZING MACHINE LEARNING MODELS FOR IMBALANCED AND NOISY DATA

G.V. Ovechkin, D.I. Uspenskiy

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, denisuspenskiy@mail.ru

*The summary.* The paper considers the algorithm of optimizing machine learning models for tabular imbalanced and noisy training datasets. The algorithm is used to solve a kind of binary classification task. It consists of several main stages starting from the process of resampling incoming data and ending with the construction of final ensemble of models. The results of comparison the suggested approach with the classic training technique are provided.

*Keywords:* tabular machine learning, imbalanced data, binary classification, resampling, TomekLinks, CatBoost, bagging, voting.

Подготовка обучающих данных является самым главным шагом в цикле создания и выпуска моделей машинного обучения (ML моделей). Именно качество тренировочных выборок (датасетов) является первопричиной определяющей итоговую сходимость финального ML решения. Очень часто, однако, мы сталкиваемся с ситуацией, в которой невозможно получить абсолютно точный набор исходных признаков, однозначно определяющий распределение прогнозируемой переменной. Достаточно часто поступающие исходные данные бывают зашумлены либо дисбалансированы. В первом случае, в результате ошибок в процедурах и алгоритмах первичного сбора и обработки информации, распределения исходных признаков могут быть искажены. Во втором случае, например, в силу особенностей предметной области решаемой задачи определенные значения прогнозируемой переменной могут быть представлены лишь в очень небольшой доле выборки. При использовании некачественных датасетов, спроектированная математическая модель, какая бы сложная архитектура в нее ни была заложена, будет не способна выявить истинные зависимости между исходными данными и прогнозируемым признаком. И даже если во время обучения достигнуты приемлемые метрики качества, то после реального развертывания проекта, результаты работы ML модели могут оказаться весьма нестабильными и иметь значительные отклонения от истинных значений. В данной статье рассматривается возможный способ решения проблемы обучения в условиях зашумленных и дисбалансированных датасетов, основанный на применении алгоритмов семплирования элементов миноритарного класса. Для получения более устойчивого прогноза строится ансамбль моделей.

Сформулируем исходную задачу следующим образом. Имеется датасет для обучения  $(x \in X, y \in Y)$ , где  $X$  – это набор входных данных для модели,  $Y$  – прогнозируемый признак.  $Y \in \{0,1\}$ , т.е. решается задача бинарной классификации. При этом проявляется сильный дисбаланс  $Y$ , количество элементов датасета со значением  $Y = 1$  составляет менее

5% общего размера выборки. Описываемый подход состоит из трех этапов: создание  $n$  выборочных датасетов с помощью семплирования случайных элементов мажоритарного класса и добавление к ним исходных элементов миноритарного класса; устранение потенциально шумовых элементов полученных наборов данных с помощью алгоритма TomekLinks [2]; применение ансамблирования и выполнение финального прогноза. Рассмотрим каждый этап подробнее.

Семплирование случайных элементов исходного набора данных – это стандартная техника, применяемая в алгоритме беггинга (метод, в котором независимые результаты работы базовых однородных моделей определенным образом агрегируются с целью минимизации ошибки) [1]. Основное преимущество тут заключается в том, что беггинг позволяет существенно снизить дисперсию модели, сделав тем самым прогноз более стабильным. В нашем случае происходит семплирование именно элементов класса, который представлен в исходных данных в большинстве. Экземпляры, соответствующие миноритарному классу, добавляются в сгенерированные датасеты в полном объеме. Коэффициент семплирования варьируется в промежутке от 1.5 до 2. Т.е., если  $N_{mn}$  – это количество элементов меньшего класса, то  $N_{mj} = 2 * N_{mn}$  – количество элементов мажоритарного класса в семплированном датасете. Графически структуру датасетов до и после преобразования можно представить на рисунке 1. Как результат этапа 1 мы имеем  $N$  искусственно семплированных наборов данных.

Второй этап состоит в удалении предположительно зашумленных экземпляров данных алгоритмом TomekLinks. Согласно нему, происходит идентификация пары близких соседей в признаковом пространстве  $X$ , в которых один экземпляр принадлежит классу меньшинства, а другой – классу большинства. Для каждого элемента датасета мы вычисляем Евклидово расстояния до всех остальных элементов в исходном признаковом пространстве.

Далее выбираются элементы меньшего класса и ближайшие к ним экземпляры мажоритарного класса. Образуется пары. Процедура инвертируется, т.е. теперь соседи находятся для выборки из большего класса. Если комбинации в обоих случаях совпали, они образуют связь Томака. Из каждой такой связи в конечном итоге может быть удален либо элемент-мажоритарий, либо пара устраняется полностью. В нашем случае удаляются элементы именно преобладающего класса. Как результат получается более сбалансированный набор данных. Процедура TomekLinks последовательно применяется к каждому семплированному набору данных. В итоге получается  $N$  наборов. Графически применение подобного алгоритма показано на рисунке 2. Визуальные отличия тут не слишком заметны, однако алгоритм удалил порядка 6.7% элементов большего класса.

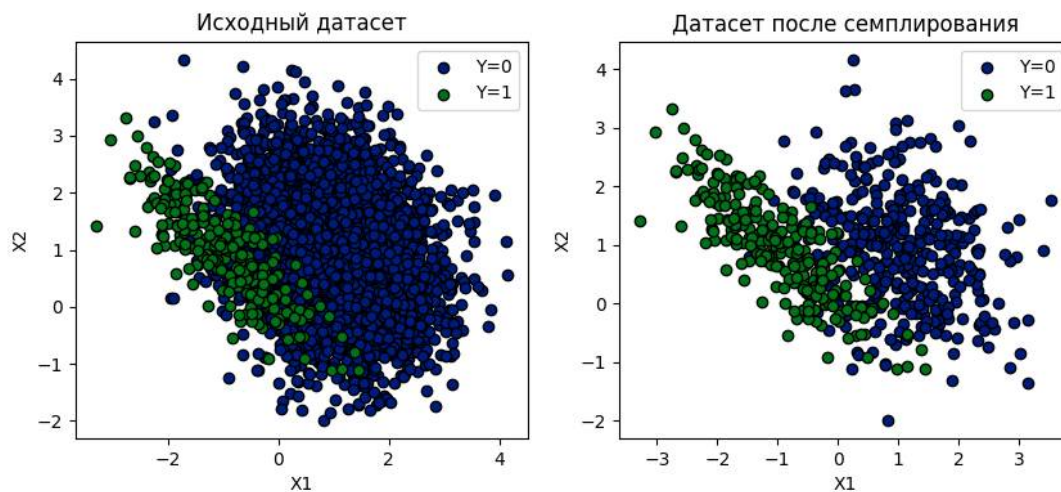


Рис. 1. Сравнение исходных и семплированных данных

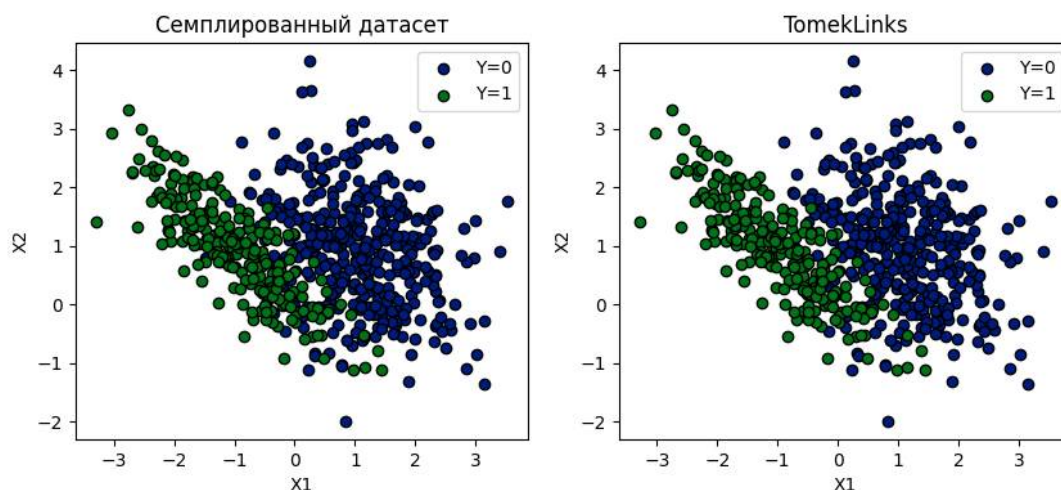


Рис. 2. Применение TomekLinks к семплированному набору данных

После элиминации потенциально зашумленных экземпляров данных, проводится обучение самой ML модели, которая непосредственно решает поставленную целевую задачу классификации. На данном этапе потребуется создать по одной независимой модели для каждого полученного набора. В проведенном исследовании использовался метод градиентного бустинга CatBoost [3], однако выбор алгоритма решателя главным образом диктуется проблематикой предметной области и требует тестирования различных моделей. Бустинг - алгоритм машинного обучения, строящий свою работу на последовательном применении базовых моделей, каждая из которых улучшает результат работы предыдущей. Идея тут состоит в том, что на каждом шаге фиксируется текущая ошибка прогнозирования, которая далее подается в следующую модель. Таким образом, на следующих итерациях ответ алгоритма последовательно улучшается. В итоге, используя в совокупности много относительно слабых моделей, можно получить неплохие результаты, существенно снизив дисперсию и предвзятость комплексного решения. Существует несколько вариантов реализации бустинга: адаптивный, градиентный, стохастический градиентный и др. CatBoost реализует именно градиентный подход, суть которого в минимизации заданной функции потерь через ее градиент. В задачах классификации обычно минимизируется перекрестная энтропия. Параметры моделей подстраиваются таким образом, чтобы с некоторым заданным шагом идти по направлению антиградиента:

$$\theta = \theta - \eta \cdot \nabla_{\theta} J(\theta), \quad (1)$$

где  $\theta$  – веса модели;

$\eta$  – коэффициент обучения (скорость обучения);

$J(\theta)$  – заданная функция потерь;

$\nabla_{\theta} J(\theta)$  – градиент функции потерь по весам модели.

CatBoost использует ряд методов для повышения точности и вычислительной эффективности, включая собственный реинжиниринг и специальное упорядочивание последовательности входных данных, а так же оптимизацию деревьев решений. На выходе данного шага получается вектор вероятностей принадлежности элементов к прогнозируемому классу. Вектор имеет длину  $N$ , каждый его элемент соответствует прогнозу отдельной модели. Как дополнительный фактор, улучшающий сходимость решения, можно ввести случайную инициализацию гиперпараметров каждой модели.

Финальный этап представляет собой получение агрегированной вероятности на основе прогнозов всех базовых моделей. За основу был взят механизм мягкого голосования. Итоговая вероятность соотношения к классу 1 соответственно определяется как:

$$p(y_i = 1 | x_i) = \sum_{j=1}^N \alpha_j p_j(y_i = 1 | x_i), \quad (2)$$

где  $N$  – число базовых классификаторов;

$p_j$  – вероятность на выходе  $j$ -го классификатора;

$\alpha_j$  – вес прогноза  $j$ -го классификатора, который в нашем случае будет равен  $1/N$ .

Имея конечную вероятность, легко определить принадлежность к прогнозируемому классу:

$$y_i = \begin{cases} 1, & p(y_i = 1 | x_i) > \varphi \\ 0, & p(y_i = 1 | x_i) \leq \varphi \end{cases}, \quad (3)$$

где  $\varphi$  – некоторый порог, зависящий от требований предъявляемых для решения задачи.

Итого, концептуально весь алгоритм можно представить следующей схемой.

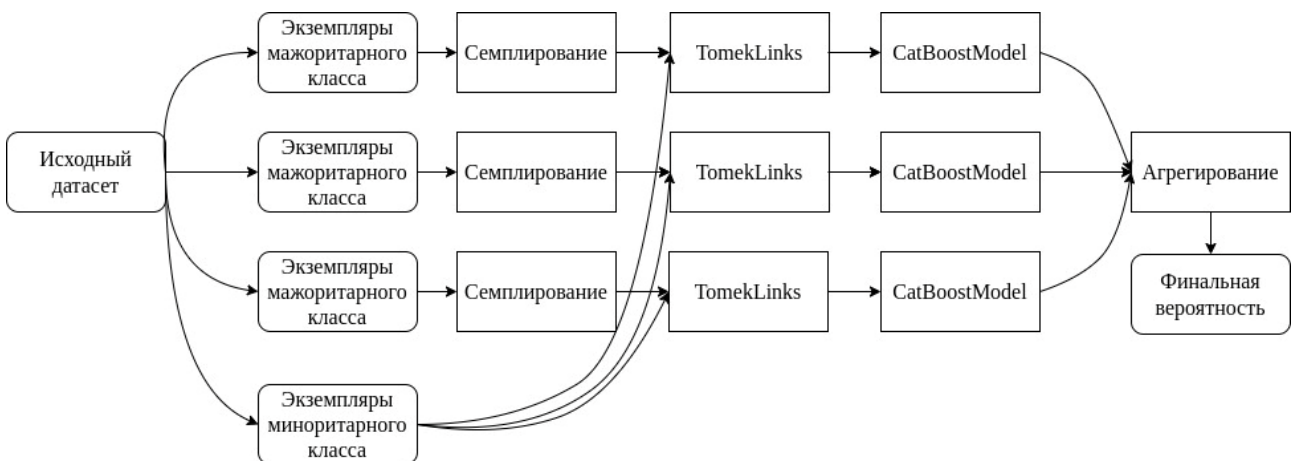


Рис. 3. Концептуальная схема алгоритма

Основными преимуществами данного подхода являются уменьшение дисперсии прогнозов и борьба с переобучением базовой модели, характерной для градиентного бустинга. Более подробные сведения об исходных идеях можно почерпнуть из [4].

Тестирование алгоритма проводилось в рамках решения задачи определения вероятности перехода пользователя интернет сайта по ссылке, которая отправлялась ему в электронном сообщении. Учитывался предыдущий характер коммуникации с данным подписчиком, давность последнего захода на сайт, интересующие его тематики контента, количество предыдущих переходов и некоторые другие параметры. Была проведена серия экспериментов, в которой сравнивалась работа базовой модели CatBoost с работой описанного выше ансамбля. Метриками качества являлись два показателя: F1 Score и Average Precision Score, который в условиях сильного дисбаланса классов показывает наиболее адекватную вероятностную оценку. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты сравнения алгоритмов

Модель	Лучший F1	Средний F1	Лучший AVP	Средний AVP
CatBoost	0.2866	0.2631	0.4711	0.4598
Ансамбль 10 CatBoosts	0.2901	0.2855	0.4821	0.4801
Ансамбль 50 CatBoosts	<b>0.3211</b>	<b>0.3208</b>	<b>0.5231</b>	<b>0.5223</b>
Ансамбль 100 CatBoosts	0.3205	0.3200	0.5227	<b>0.5223</b>

Таким образом лучший результат был достигнут при количестве базовых моделей равном 50. Дальнейшее увеличение размера ансамбля не дало существенного прироста, и только лишь увеличило вычислительную нагрузку.

Интересно также продемонстрировать некоторые внутренние особенности сравниваемых решений. Так, если мы возьмем конкретный элемент входного датасета и будем изменять некоторый его параметр, оставляя остальные фиксированными, то можно отразить зависимость финальной прогнозной вероятности от изменения данного параметра. На рисунке 4 показана такая корреляция от изменения значения исторического процента переходов пользователя по ссылкам. Можно предположить, что чем больше раз в своей истории подписчик заинтересовался предложенным контентом, тем с большей вероятностью он совершит посещение ресурса снова. Обе кривые отражают это. Однако график единичной модели выглядит ступенчатым, а кроме того, наблюдается снижение вероятности при высоких значениях исторического процента переходов, что противоречит здравой логике. Скорее всего, модель сделала неправильные выводы в силу маленького количества неискаженных примеров в этом сегменте данных. Прогнозы ансамбля же более правдоподобно отражают реальность, более сглажены и стабильны. Для некоторых других исходных параметров данных мы имеем такую же ситуацию.

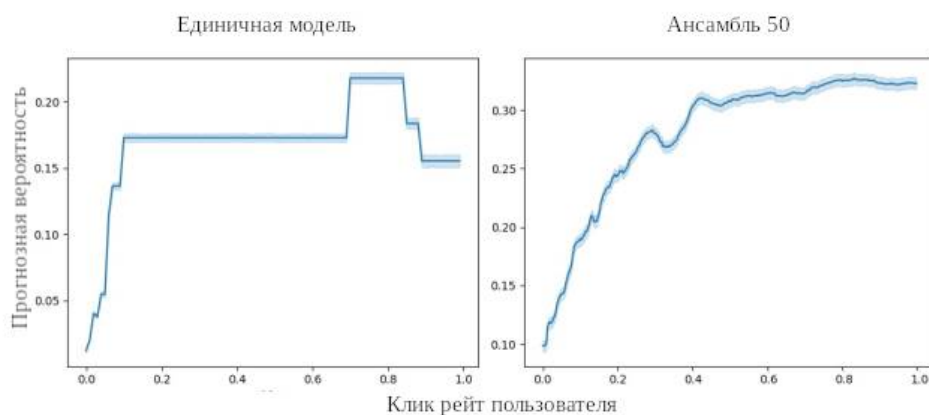


Рис. 4. Сравнение кривых зависимости вероятностей ансамбля и простой модели от входного параметра

Таким образом, применение ансамбля ML моделей в совокупности с элиминацией элементов мажоритарных классов путем семплирования и очисткой TomekLinks позволяет добиться более устойчивого прогнозирования в задаче бинарной классификации. Это подтверждается практическим исследованием.

### Библиографический список

1. BaggingClassifier [Электронный ресурс]. URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.BaggingClassifier.html> (дата обращения 03.02.2024).
2. "Two Modifications of CNN," in IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. SMC-6, no. 11, pp. 769-772, Nov. 1976, doi: 10.1109/TSMC.1976.4309452.
3. CatBoost [Электронный ресурс]. URL: <https://catboost.ai/> (дата обращения 03.02.2024).
4. "Bagging of Xgboost Classifiers with Random Under-sampling and Tomek Link for Noisy Label-imbalanced Data", 3rd International Conference on Automation, Control and Robotics Engineering, vol.428, Jul. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/428/1/012004.

УДК 004.08; ГРНТИ 20.53.01

## МЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

**И.Ю. Перехода**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, iv.perekhoda@gmail.com*

*Аннотация.* В данной статье рассматриваются наиболее распространенные метрические характеристики, используемые для обеспечения качества моделей искусственного интеллекта в соответствии с действующими международными и государственными стандартами, а также существующие решения в области оценки качества систем искусственного интеллекта.

*Ключевые слова:* метрические характеристики, искусственный интеллект, правильность, полнота, точность, F1-мера, ROC-кривая, AUC-ROC, истинноположительный, истинноотрицательный, ложноположительный, ложноотрицательный.

## METRIC CHARACTERISTICS OF THE QUALITY ASSESSMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS

**I.Yu. Perekhoda**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, iv.perekhoda@gmail.com*

*The summary.* This article discusses the most common metric characteristics used to ensure the quality of artificial intelligence models in accordance with current international and government standards, as well as existing solutions in the field of assessing the quality of artificial intelligence systems.

*Keywords:* metric characteristics, artificial intelligence, accuracy, recall, precision, F1-Score, Receiver Operating Characteristic Curve (ROC), Area Under the ROC Curve (AUC-ROC), True Positives (TP), True Negatives (TN), False Positives (FP), False Negatives (FN).

Искусственный интеллект (ИИ) все чаще используется в нашей повседневной жизни – от спам-фильтров электронной почты до систем здравоохранения. Очень важное значение имеет обеспечение их ожидаемой безопасной работы. В январе 2024 года был опубликован новый международный стандарт [1], помогающий разработчикам ИИ оценивать качество систем искусственного интеллекта.

Данный стандарт (ISO/IEC TS 25058) содержит рекомендации по оценке систем искусственного интеллекта с использованием разработанной модели качества, включающий конкретные метрические показатели. Стандарт основан на методологиях, изложенных в ISO/IEC по качеству программного обеспечения, известных как стандарты SQuaRE [2].

В данном стандарте описываются критерии качества искусственного интеллекта (рисунок 1), а также характеристики и их составляющие качества использования (рисунок 2) моделей ИИ.

Оценка качества является неотъемлемой частью жизненного цикла систем искусственного интеллекта (СИИ) и включает в себя действия, проводимые на стадиях разработки, создания и эксплуатации данных систем в целях обеспечения необходимого уровня соответствия СИИ установленным требованиям [2].





Рис. 1. Характеристики оценки качества решений в области искусственного интеллекта

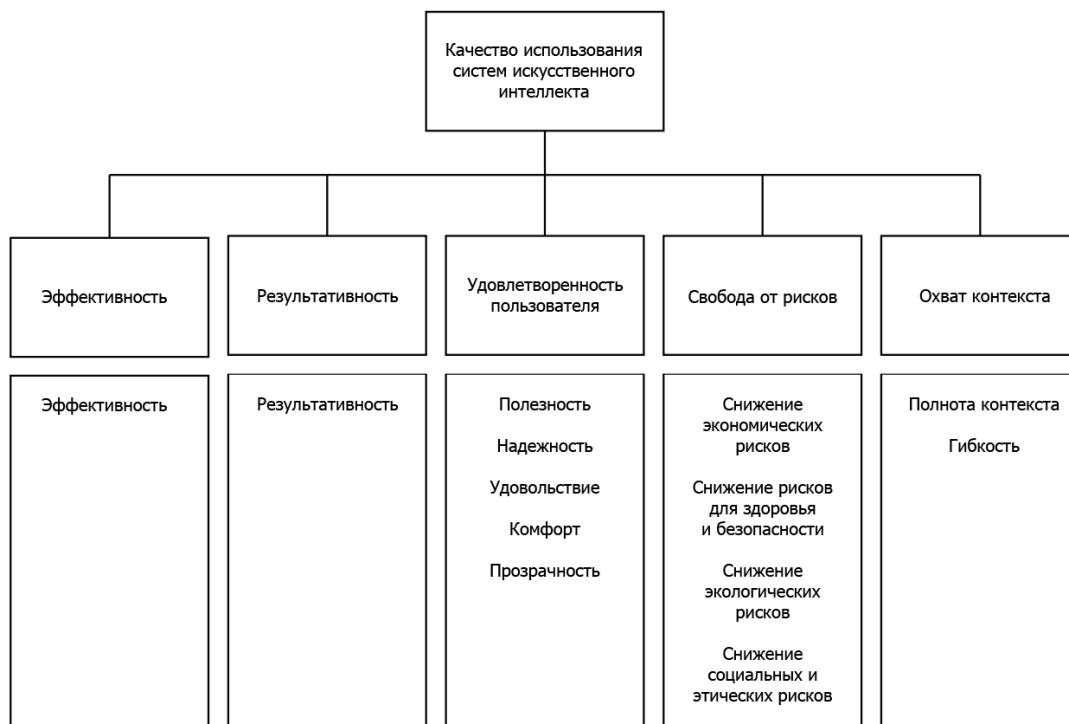


Рис. 2. Характеристики качества использования моделей искусственного интеллекта

### Метрики качества систем искусственного интеллекта

Метрики качества искусственного интеллекта используются для оценки производительности алгоритмов и СИИ. Данные показатели помогают понять, насколько хорошо модель выполняет свои задачи, и позволяют сравнивать различные модели между собой. Стоит учесть, что выбор метрик зависит от конкретной задачи и контекста применения искусственного интеллекта. Для обеспечения критерий качества решений в области искусственного ин-

теллекта и обеспечения качества использования моделей ИИ используются следующие характеристики:

1. Правильность (Accuracy). Отношение числа правильно классифицированных объектов ко всем объектам в выборке:

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN},$$

где:

$TP$  (True Positives) – количество правильно классифицированных положительных примеров;

$TN$  (True Negatives) – количество правильно классифицированных отрицательных примеров;

$FP$  (False Positives) – количество неправильно классифицированных положительных примеров;

$FN$  (False Negatives) – количество неправильно классифицированных отрицательных примеров.

2. Полнота (Recall). Показывает, какую долю положительных объектов модель смогла обнаружить. Вычисляется как отношение числа правильно классифицированных объектов положительного класса к общему числу объектов положительного класса:

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN},$$

3. Точность (Precision). Показывает, какую долю объектов, классифицированных как положительные, действительно являются положительными. Вычисляется как отношение числа правильно классифицированных объектов положительного класса к общему числу объектов, классифицированных как положительные.

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP}.$$

4. F1-мера (F1-Score). В статистическом анализе бинарной классификации F-показатель или F-мера является мерой точности теста. Он рассчитывается на основе точности (precision) и полноты (recall) теста, где точность представляет собой количество истинно положительных результатов, деленное на количество всех положительных результатов, включая те, которые не были идентифицированы правильно, а отзыв представляет собой количество истинно положительных результатов, разделенное на количество всех проб, которые должны были быть идентифицированы как положительные. Точность также известна как положительная прогностическая ценность, а отзыв также известен как чувствительность в диагностической бинарной классификации.

$$F_1 = \frac{2}{\text{recall}^{-1} + \text{precision}^{-1}} = 2 \times \frac{\text{precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} = \frac{2TP}{2TP + FP + FN}.$$

5. ROC-кривая (Receiver Operating Characteristic Curve). График, который позволяет оценить качество бинарной классификации. Он отображает зависимость доли истинно положительных классификаций от доли ложно положительных классификаций при варьировании порога решающего правила.



6. AUC-ROC (Area Under the ROC Curve). Этот показатель вычисляет площадь под кривой (AUC) для кривой рабочих характеристик приемника (ROC). Возвращаемые значения показывают, насколько хорошо используемая модель предсказывает правильные классы на основе входных данных. Оценка 0,5 означает, что модель предсказывает точно по случайности, т.е. предсказания модели верны с той же скоростью, как если бы предсказания определялись подбрасыванием честной монеты или броском честного кубика. Оценка выше 0,5 указывает на то, что у модели дела идут лучше, чем у chance, в то время как оценка ниже 0,5 указывает на то, что у модели дела идут хуже, чем у chance.

### Нейросетевые библиотеки оценки качества искусственного интеллекта

Для оптимизации вычисления перечисленных ранее метрических характеристик обычно используют различные библиотеки, основанные на языке программирования Python. Далее представлен список наиболее популярных решений, обеспечивающих поддержку систем искусственного интеллекта.

1. scikit-learn является одной из наиболее широко используемых библиотек в области машинного обучения [3]. Она автоматизирует препроцессинг данных, уменьшение размерности, обеспечивает решение задач классификации, кластеризации, регрессии и многое другое. Одним из очевидных преимуществ данной библиотеки является её открытая форма распространения.

2. Другим не менее популярным решением в области технологий машинного обучения является TensorFlow [3][4]. Данная библиотека разработана компанией Google. Она предоставляет широкий спектр инструментов для обучения нейронных сетей и оценки их производительности.

3. Keras является библиотекой для работы с нейронными сетями, которая может использоваться поверх других нейросетевых библиотек (например, ранее перечисленный TensorFlow) [3][5]. Keras также содержит множество функции для вычисления различных метрик качества систем искусственного интеллекта и имеет открытую форму распространения.

4. PyTorch – еще одна известная библиотека глубокого обучения, которая для вычислений использует ресурсы центрального процессора и графического адаптера и предоставляет гибкие инструменты для обучения нейронных сетей и вычисления метрик качества систем искусственного интеллекта [6].

### Библиографический список

1. ISO/IEC TS 25058:2024. Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuARE). Guidance for quality evaluation of artificial intelligence (AI) systems.: Дата публикации: 24.01.2024. – URL: <https://www.iso.org/standard/82570.html> (дата обращения: 22.02.2024). – Текст: электронный.
2. ГОСТ Р 59898-2021. Оценка качества систем искусственного интеллекта. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2021 г. 1620-ст: дата введения: 2022-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181913> (дата обращения: 22.02.2024). – Текст: электронный.
3. Aurélien Géron: Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow, 2nd Edition, 2019.
4. Pramod Singh, Avinash Manure: Learn TensorFlow 2.0: Implement Machine Learning and Deep Learning Models with Python, 2020.
5. Antonio Gulli, Sujit Pal: Deep Learning with Keras: Implementing deep learning models and neural networks with the power of Python, 2017.
6. Paszke A., et al.: Automatic differentiation in PyTorch, 2017.

УДК 004.048; ГРНТИ 20.19.27

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ СКАНОВ ДОКУМЕНТОВ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Г.В. Овечкин, Д.В. Федоров**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, dimfy@list.ru*

*Аннотация.* В докладе исследуется моделирование системы распознавания сканов документов в контексте социологических исследований. Рассматриваются основные принципы функционирования такой системы, включая методы анализа изображений, алгоритмы классификации и технологии обработки данных. Освещаются преимущества и ограничения различных подходов к распознаванию документов в контексте социологических исследований. В качестве примеров моделей рассматриваются техники OCR, ICR, ROI. Особое внимание уделяется алгоритмам обработки текста и изображений, а также методам оценки качества распознавания. Представляется сравнительный анализ различных подходов и их применимость к конкретным задачам социологических исследований.

*Ключевые слова:* распознавание документов, социологические исследования, алгоритмы классификации, обработка текста и изображений, машинное обучение, компьютерное зрение.

## **MODELING OF A DOCUMENT SCANNING RECOGNITION SYSTEM FOR SOCIOLOGICAL RESEARCH**

**G.V. Ovechkin, D.F. Fedorov**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, dimfy@list.ru*

*The summary.* This report explores the modeling of a document scanning recognition system within the context of sociological research. It discusses the fundamental principles of such a system, including image analysis methods, classification algorithms, and data processing technologies. The advantages and limitations of various approaches to document recognition in the context of sociological research are highlighted. Examples of models include machine learning, OCR, ICR, ROI. Special attention is given to text and image processing algorithms, as well as methods for assessing recognition quality. A comparative analysis of different approaches and their applicability to specific sociological research tasks is presented.

*Keywords:* document recognition, sociological research, classification algorithms, text and image processing, machine learning, computer vision.

Развитие цифровых технологий значительно расширило возможности проведения социологических исследований, особенно в области сбора и анализа данных. Одним из значительных аспектов этой революции является использование систем распознавания сканов документов для оптимизации обработки данных опросов. Данный доклад затрагивает моделирование таких систем, специально адаптированных для количественных социологических исследований.

Анкеты социологических исследований являются формой документов с общей системой построения блоков информации, при том обладают значительным разнообразием в расположении, построении и их формулировке. В отличие от данных паспортов или заявлений на оформление кредитов, расположение, размер и назначение вопросов в анкетах могут различаться, при этом сохраняя некоторую типологическую общность между собой.

В рамках данной работы будет рассмотрен алгоритм распознавания информации оцифрованного документа социологического исследования с помощью сканера. Он является одним из наиболее популярных и доступных способов перевода аналоговых изображений в цифровой формат. Сканер позволяет считывать информацию с бумажного носителя и сохранять ее в виде цифрового файла, который можно дальше обрабатывать с помощью различных программ.

Главной задачей в обработке данного типа документов является обработка таблиц, машино-печатного и рукописного текста в нем.

### **Предварительная обработка изображения**

Перед тем как передать изображение на распознавание, необходимо его обработать и выделить необходимую информацию, как раз для этого и используется слой предобработки. На этом этапе с изображением могут происходить операции очистки изображения от шумов, приведение к виду, позволяющему выделить символы на фоне, фильтрация изображения, сглаживание и увеличение контрастности. Если текст рукописный, то дополнительно применяют подход по выпрямлению символов, так как многие пишут символы с наклоном. В основном используется бинаризация изображения, которая позволяет точно выделить текст и убрать фон [1].

### **Выделение структуры документа**

Для выполнения данной задачи следует разделить документ на физическую и логическую структуры документа. Первая задается такими классами объектов, как изображение, текст, таблицы, подписи и так далее. Во второй объекты разделяют на заголовки, параграфы и другие логические элементы.

Сегментация страниц отсканированных документов представляет собой физический вид структуры документа. Он является одним из первых этапов анализа и задает дальнейший характер распознавания документа в целом. В ходе DLA (Document Layout Analysis) документ разбивается на области, каждая из которых должна содержать однородную информацию (например, только текст, заголовки или только одну таблицу). Как показывает практика, нельзя выбрать одну конкретную сеть и сказать, что она лучше остальных. В зависимости от задачи и требований к производительности (скорости обработки изображений в секунду) и качеству сегментации, выбор может быть сделан в пользу любой из них. Ниже приведены основные характеристики данных архитектур, влияющие на их качество:

- детектор признаков (VGG16, ResNet, Inception, MobileNet);
- размер выхода детектора признаков;
- разрешения входного изображения;
- стратегия соответствия и порог IoU (Intersection over Union);
- количество предложений или прогнозов;
- увеличение данных путём аугментации;
- набор данных для обучения;
- какой слой или слои карты признаков используются для обнаружения объектов;
- функция потерь;
- конфигурации обучения, включая размер пакета, изменение размера входного изображения, скорость обучения и снижение скорости обучения.

### **Входные данные**

В качестве входных данных рассматриваются заполненные, отсканированные и сфотографированные варианты анкет различных социологических исследований. На рисунке 1 представлен пример входных данных. В данном случае следует выделить особенности построения последнего блока, поскольку логика расположения вопросов отличается от предыдущих - отсутствует указание номера вопроса, а последний разделен на две строки.

Также, расположение чек-боксов может изменяться в зависимости от предпочтений организации, проводящей данное исследование. Вместе с тем в исследовании часто встречаются открытые вопросы, ответ на который респондент (заполняющий анкету) должен написать ответ на него самостоятельно, что создает необходимость в использовании модуля распознавания рукописного текста ICR (Intelligent Character Recognition).

23. Как, по Вашему мнению, изменится ситуация в регионе Вашего проживания после создания Общероссийского Народного Фронта? Выберите один ответ.

улучшится	<input checked="" type="checkbox"/>
ухудшится	<input type="checkbox"/>
не изменится	<input type="checkbox"/>
затрудняюсь ответить	<input type="checkbox"/>

24. За какую политическую партию Вы, скорее всего, проголосуете на выборах депутатов Мурманской областной Думы? Выберите, пожалуйста, один ответ.

«ЕДИНАЯ РОССИЯ»	<input type="checkbox"/>
«Коммунистическая партия Российской Федерации»	<input checked="" type="checkbox"/>
«Либерально-демократическая партия России»	<input type="checkbox"/>
«ПАТРИОТЫ РОССИИ»	<input type="checkbox"/>
СПРАВЕДЛИВАЯ РОССИЯ	<input type="checkbox"/>
«ЯБЛОКО»	<input type="checkbox"/>
не буду участвовать в голосовании на выборах	<input type="checkbox"/>
затрудняюсь ответить	<input type="checkbox"/>

И, в заключение, пожалуйста, несколько слов о себе:

Пол.	Возраст	Образование
мужской <input checked="" type="checkbox"/>	18 - 29 лет <input checked="" type="checkbox"/>	начальное общее (менее 8-9 кл.)
женский <input type="checkbox"/>	30 - 49 лет <input type="checkbox"/>	основное общее среднее (8-9 кл.)
	50 - 59 лет <input type="checkbox"/>	или начальное профессиональное
	60 лет и старше <input type="checkbox"/>	среднее полное (10-11 классов)
		среднее профессиональное
Работаете ли Вы?		незаконченное высшее <input checked="" type="checkbox"/>
работую <input type="checkbox"/>		высшее <input type="checkbox"/>
не работаю <input type="checkbox"/>		

К какой социальной группе Вы себя относите?

рабочие	предприниматели
крестьяне, рабочие совхозов и фермеры	военнослужащие
работники учета и делопроизводства	руководители предприятий
инженерно-технические работники	другие служащие
агрономы, зоотехники	безработные
научные работники	пенсионеры
социально-гуманитарная интеллигенция	инвалиды
работники торговли, общественного питания, быт. обслуживания, ЖКХ	домохозяйки
работники органов государственной власти	студенты вузов и техникумов <input checked="" type="checkbox"/>
	учащиеся школ и ПТУ

Благодарим за сотрудничество!

Рис. 1. Фотография анкеты с социально-демографическим блоком

1. К какому жанру, на Ваш взгляд, относится творчество А. Дюма (отметить)?

<input type="checkbox"/> научная фантастика (фэнтези);	<input type="checkbox"/> боевик;
<input type="checkbox"/> драма;	<input type="checkbox"/> любовная лирика;
<input checked="" type="checkbox"/> историко-приключенческий;	<input type="checkbox"/> другое

2. Отметьте названия произведений А. Дюма, о которых Вы слышали.

<input checked="" type="checkbox"/> «Три мушкетера»;	<input type="checkbox"/> «Двадцать лет спустя»;
<input type="checkbox"/> «Виконт де Бражелон»;	<input checked="" type="checkbox"/> «Граф Монте-Кристо»;
<input checked="" type="checkbox"/> «Королева Марго»;	<input type="checkbox"/> «Графиня де Монсоро»;
<input type="checkbox"/> «Сорок пять»;	<input type="checkbox"/> «Ожерелье королевы»;
<input type="checkbox"/> «Учитель фехтования»;	<input type="checkbox"/> «Черный тюльпан»;
<input type="checkbox"/> другие.	

3. Назовите произведения А. Дюма, которые Вы читали: Три мушкетера

Рис. 2. Скан анкеты с альтернативным расположением чекбоксов и открытым вопросом

В дополнение к этому, сам метод заполнения чекбоксов может быть отличаться в зависимости от используемого шаблона анкеты. Чекбоксы в таблицах могут не соответствовать форме, используемой в закрытых вопросах (где нужно выбрать лишь один вариант ответа) даже в рамках одного исследования как показано на рисунке 3.

В рамках данной работы будут рассмотрены методы распознавания образов относительно сканов документов, которые будут использоваться в модели:

## Анкета

Уважаемый респондент! Просим Вас принять участие в опросе и ответить на вопросы анкеты. Внимательно прочтите каждый вопрос и возможные варианты ответов к нему. Выберите ответ, наиболее отвечающий вашему мнению, и укажите его. Просим отвечать искренне и работать самостоятельно. Ответы будут использованы в обобщенном виде. Свою фамилию указывать не надо. Анонимность гарантируется.

Заранее благодарим за сотрудничество!

1. Каким Вам видится ваше будущее?

- 1 – Я думаю, что мое будущее будет достаточно хорошим  
 2 – Трудно сказать  
 3 – Я не уверен/а, что у меня будет хорошее будущее

2. Что является для Вас главным в жизни? (Отметьте не более трех ответов):

- 1 – успешная учеба  
 2 – хорошее здоровье  
 3 – семья  
 4 – интересная работа  
 5 – любовь, дружба  
 6 – возможность развлекаться  
 7 – материальное благополучие  
 8 – свобода  
 9 – другое (что именно) \_\_\_\_\_

3. Считаете ли Вы вредным для своего здоровья следующее:

	Очень вредно	Вредно	Трудно сказать	Не очень вредно	Совсем не вредно
1 – курение		✓			
2 – употребление алкоголя				✓	
3 – употребление наркотиков	✓				
4 – неправильное питание			✓		

4. Кто должен заботиться о Вашем здоровье? (Выберите только 2 ответа).

- 1 – Я сам/а  
 2 – Родители (другие родственники)  
 3 – Специалисты (врачи, педагоги и др.)  
 4 – Правительство  
 5 – Другое (кто именно) \_\_\_\_\_

Рис. 3. Скан анкеты с альтернативным чекбоксом и таблицей

### Оптическое распознавание символов (OCR):

Оптическое распознавание символов (OCR): Этот метод использует алгоритмы для определения и распознавания отдельных символов в изображении текста. После этого символы объединяются в слова и предложения. Оптическое распознавание символов наиболее распространено для сканированных текстовых документов. Данная форма будет использована для работы с данными, например, редактирование или поиск информации. Эти алгоритмические шаги выполняются последовательно, и каждый результат шага подается на вход следующего шага. На рисунке 4 представлена схема алгоритма системы распознавания символов [4].

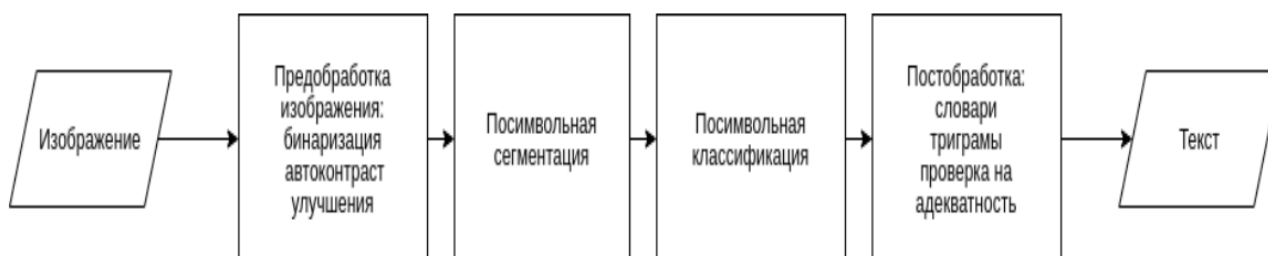


Рис. 4. Алгоритм работы метода оптического распознавания символов

Основываясь на результатах исследования [3] и приложенной к нему таблице на рисунке 5 сравнения существующих OCR-систем сделан вывод, что для качественной обработки данных социологической анкеты необходимо OCR-систем недостаточно, поэтому следует также использовать ICR и ROI методы для работы с данным типом документов.

OCR системы	Распознавание Отсканированного документа	Распознавание рукописного текста	Распознавание сфотографированного текста	Распознавание таблицы
Tesseract	Хорошо	Плохо	Приемлемо	Плохо, необходимо использовать дополнительные библиотеки
ABBYY FineReader	Хорошо	Плохо	Хорошо	Хорошо
Google Cloud Vision	Хорошо	Приемлемо, имеются ошибки в распознавании	Хорошо	Плохо, доп. библиотеки

Рис. 5. Сравнительные характеристики качества работы OCR-систем

### Распознавание машинного письма (ICR - Intelligent Character Recognition)

Этот метод используется для распознавания рукописного текста. Он обычно применяется в случаях, когда текст не является машинно-печатным, например, открытые вопросы анкет или подписи на документах. Количество методов, используемых для оптического распознавания рукописных символов, довольно велико: нейронные сети, анализ графов, скрытые марковские модели, векторный (градиентный) анализ, генетические алгоритмы. Также возможно сочетание различных методик. Задачи, стоящие перед разработчиками методов распознавания, очень сильно зависят от языка. Например, для арабского, тайского, персидского, бирманского, тамильского, разновидностей китайского и т.д. языков характерна иероглифическая письменность. Данная особенность нивелирует проблемы сегментации отдельных символов. Поэтому для таких языков применимы методы, основанные на поиске примитивов: вертикальных, горизонтальных линий, дуг, окружностей; их классификации и анализе взаимного расположения. В случае, когда словарь распознаваемых объектов небольшой, можно рассчитывать даже на стопроцентный результат. Типичный пример – набор цифр. Стопроцентный результат распознавания рукописных цифр демонстрируется в работе [7], где анализируется 15 сегментов нормированного символа. Этот подход использует сеть самоорганизации Кохонена для классификации данных на первом этапе и модель векторного квантования обучения (LVQ) на втором этапе для улучшения точности классификации. [5] В случае обработки анкет данный подход может быть использован для распознавания заполненных чек-боксов символами.

Однако большая часть подходов плохо применима к слитному рукописному написанию, характерному для английского, испанского, русского и т.д. языков. Практически единственный достойный метод в этом случае – это скрытые марковские модели (СММ). Методы на основе СММ показывают достаточно хорошие результаты в данных задачах.

### Распознавание образов и областей интереса (ROI - Region of Interest Recognition):

Этот метод позволяет выделять определенные области или объекты на сканах документов, такие как логотипы, подписи или даты.

Опираясь на результаты исследования [6] предпочтительной моделью является FasterRCNN с детектором признаков ResNet101, поскольку сеть имеет высокую точность детекции больших объектов (таблиц), а FasterRCNN опережает большинство других моделей по точности сегментации на COCO [2] (рисунок 6).



Архитектура	Минимальный FPS	Максимальный FPS	Точность
Fast R-CNN	3	10	21.9
Faster R-CNN	5	17	34.9
SSD	22	59	26.8
YOLO	40	91	33.0

Рис. 6. Сравнение точности и скорости различных алгоритмов детекции объектов

Для обучения данной модели сегментации необходимо иметь большой набор реальных данных, разметка которых является дорогостоящим процессом, учитывая, что анкета будет иметь множество классов сегментирования:

- Printed-Text – текстовые блоки, содержащие однородный текст с единым форматированием (размером, жирностью, шрифтом, отступами между строк)
- Hand-Text – текстовые блоки рукописного текста
- Table – класс таблиц с границами, которые могут содержать объединенные ячейки по вертикали или по горизонтали.
- Picture – класс изображений, иногда используемый в анкетах в качестве дополнительной информации к вопросу.

В дополнение к данному методу следует использовать инструменты постобработки, например, алгоритм None-MaximumSupression (NMS) [7]. Следует максимально сохранять текстовую информацию на изображениях, поскольку ее потеря критична для распознавания структуры документа в целом. С этой целью мы изменили классический подход NMS. Мы объединяем дубли с меньшей уверенностью для каждого объекта в один большой, вместо их удаления. В качестве дублей выступают объекты одного класса, пересечение которых Intersection over Union (IoU) превышает задаваемого порога  $IoU > \delta$ . После чего изображение бинаризуется и инвертируется, расширяются границы сегментируемых объектов – Объекты расширяются до тех пор, пока не пересекут соседние объекты или не превысят порога расширения. Затем сужение каждой границы к центру объекта проводится до пересечения с текстовым содержимым, со значениями пикселей  $> 0$ . На последнем этапе, устраняются пересекающиеся текстовые объекты, которые не были объединены на первом этапе.

Проведенное исследование выявило, что анкета социологического исследования является документом со сложной структурой, а существующие подходы обладают рядом ограничений, не позволяющих провести полноценную и качественную оцифровку не используя лишь один метод. Таким образом, метод оптического распознавания символов (OCR) обеспечивает высокую точность распознавания машинно-печатного текста, однако может испытывать трудности при работе с рукописным текстом. В то же время, для корректной работы данных методов в рамках одного документа следует использовать технологию распознавания областей интереса (ROI) для выделения областей на документе, соответствующих наиболее подходящей модели распознавания.

### Библиографический список

1. Малахов И. А. Специализированная система распознавания сканов документов //Прикладная математика: современные проблемы математики, информатики и моделирования. – 2020. – №. II. – С. 50-55.
2. Мозговой А. А. Проблемы существующих методик оптического распознавания рукописного текста //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 8. – №. 7-1. – С. 22-25.
3. Бобров К. А., Шульман В. Д., Власов К. П. Анализ технологий распознавания текста из изображения //Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – №. 3-2. – С. 124-128.
4. Lin T. Y. et al. Microsoft coco: Common objects in context //Computer Vision–ECCV 2014: 13th European Conference, Zurich, Switzerland, September 6-12, 2014, Proceedings, Part V 13. – Springer International Publishing, 2014. – С. 740-755.

5. Prema K. V., Reddy N. V. S. Two-tier architecture for unconstrained handwritten character recognition //sadhana. – 2002. – Т. 27. – С. 585-594.
6. Беляева О. В., Перминов А. И., Козлов И. С. Использование синтетических данных для тонкой настройки моделей сегментации документов //Труды Института системного программирования РАН. – 2020. – Т. 32. – №. 4. – С. 189-202.
7. Everingham M., Winn J. The PASCAL visual object classes challenge 2012 (VOC2012) development kit //Pattern Anal. Stat. Model. Comput. Learn., Tech. Rep. – 2012. – Т. 2007. – №. 1-45. – С. 5.

УДК 004.415.28

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ТЕСТИРОВАНИЯ СОТРУДНИКОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РАБОЧИХ ГРУПП**

**Г.В. Овечкин, П.А. Кольцов**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина  
Российская Федерация, Рязань*

*Аннотация.* В данной работе исследуются методы и алгоритмы тестирования сотрудников с целью эффективного формирования рабочих групп. Рассматривается процесс разделения сотрудников на категории на основе их компетенций, опыта и навыков, с последующим созданием гибких и адаптированных команд. Описывается математический подход к оценке компетенций сотрудников и формированию критериев классификации. Результаты исследования могут быть полезны для организаций, стремящихся к оптимизации распределения обязанностей, повышению качества работы персонала и обеспечению высокого уровня обслуживания клиентов.

*Ключевые слова:* тестирование сотрудников, формирование рабочих групп, компетенции, оценка персонала, классификация сотрудников, управление ресурсами, оценочные меры.

Индивидуальные способности и профессиональные навыки сотрудников могут различаться в значительной степени, и в отсутствие систематизации этих различий организации сталкиваются с риском неэффективного распределения ресурсов и ответственностей. Тестирование персонала представляет собой ключевой процесс, позволяющий организациям классифицировать своих сотрудников на различные категории, основываясь на их компетенциях, опыте и умениях. В результате этого процесса формируются гибкие и адаптивные команды, способные эффективно справляться с поставленными задачами в конкретной области деятельности [3].

Значение тестирования сотрудников трудно переоценить: оно проявляется в обеспечении высокого качества обслуживания клиентов, определении компетенций персонала, а также в улучшении распределения ответственности и обеспечении качественной работы коллектива. Создание категорий персонала может базироваться на различных параметрах, включая стаж работы, уровень образования, знание иностранных языков, а также умения в обслуживании клиентов и другие профессиональные навыки. Эти категории не только помогают определить роль каждого сотрудника в коллективе, но и выявить их потенциал для дальнейшего развития [3].

### **Матричный анализ компетенций сотрудников: процесс и классификация**

С математической точки зрения процесс тестирования и оценки компетенций сотрудников может быть представлен как множество оценочных мер, характеризующих навыки и профессиональные качества персонала. Эти оценки могут иметь как количественный (численный), так и качественный (категориальный) характер. Каждый сотрудник подвергается оценке по набору таких мер, представленных в виде чисел. Например, оценка навыков обслуживания клиентов может быть выражена числом на шкале от 1 до 10. Множество сотрудников, подвергаемых оценке, представляет собой ансамбль индивидуумов, а множество ком-



петенций, оцениваемых у каждого сотрудника, состоит из набора профессиональных параметров, определяющих их квалификацию.

Для дальнейшей обработки оценок формируется матрица, представляющая собой таблицу, в которой каждая строка соответствует определенному сотруднику, а каждый столбец - определенной компетенции. Элементы этой матрицы содержат оценки, выраженные в виде числовых или категориальных значений, для каждой компетенции у каждого сотрудника. Однако процесс оценки и классификации персонала не ограничивается только формированием этой матрицы: он включает в себя дальнейший анализ данных и определение ключевых критериев для каждой категории с учетом их важности и влияния на успешное выполнение задач [1].

Таблица 1. Матрица компетенций тестирования сотрудников

	Компетенция 1	Компетенция 2	...	Компетенция N
Сотрудник 1	7	5	...	9
Сотрудник 2	7	6	...	2
...	...	...	...	...
Сотрудник N	2	6	...	2

Для более детальной классификации сотрудников на различные категории необходимо разработать и уточнить основные критерии, а также определить их значимость в контексте конкретных потребностей организации. Это важный этап, поскольку точность и объективность оценки каждого сотрудника влияют на результаты тестирования и формирование рабочих групп. Пороговые значения для каждого критерия могут быть установлены на основе различных методов, включая статистические анализы и экспертные оценки. Это позволяет определить момент, когда сотрудник достигает необходимого уровня для считается преуспевающим в данной категории. Дальнейшее сопоставление оценок с установленными порогами позволяет выявить сотрудников, чьи характеристики соответствуют заданным критериям, и создать базу для дальнейших действий по их классификации и управлению.

### Алгоритмы и методы в оптимизации тестирования

Один из наиболее распространенных методов для оптимизации процессов тестирования сотрудников и формирования эффективных рабочих групп - это применение алгоритма кластеризации K-средних. Данный алгоритм позволяет автоматически разделить сотрудников на группы схожих характеристик и компетенций на основе набора входных данных, таких как оценки их навыков и опыта работы. Путем итеративного выделения центров кластеров и присвоения каждого сотрудника ближайшему центру, алгоритм K-средних обеспечивает создание гибких и адаптированных команд, способных эффективно решать поставленные задачи [2].

В дополнение к алгоритму K-средних, метод главных компонент (РСА) играет важную роль в анализе и обработке данных о сотрудниках. РСА позволяет снизить размерность данных путем преобразования их в новый набор переменных, который содержит наибольшую дисперсию. Применение РСА особенно ценно в случаях, когда имеется обширный объем данных об оценках и характеристиках сотрудников. Этот метод позволяет выделить наиболее значимые факторы, определяющие их компетенции и потенциал. Такой подход облегчает процесс принятия решений и формирования рабочих групп, поскольку позволяет сосредоточиться на ключевых аспектах каждого сотрудника и его вкладе в общий успех команды. Кроме того, РСА способствует созданию более точных моделей и прогнозов на основе данных о сотрудниках. Путем выявления основных компонентов, определяющих их профессиональное развитие и потенциал, организации могут более эффективно адаптировать стратегии управления персоналом и развития сотрудников, что в конечном итоге способствует повышению производительности и конкурентоспособности компании.

### Значение правильного составления теста и четких критериев ответов

Эффективное тестирование сотрудников начинается с тщательной разработки тестовых заданий и установления четких критериев оценки ответов. Тест должен быть структурирован таким образом, чтобы позволить оценить конкретные компетенции и навыки сотрудника без двусмысленностей или субъективных интерпретаций. Четко определенные вопросы и критерии ответов обеспечивают объективность процесса оценки, исключая возможность субъективного влияния оценщика или иных внешних факторов. Это особенно важно при формировании команд и принятии решений о персональном развитии сотрудников, поскольку позволяет организации точно оценить их сильные стороны, области для улучшения и потенциал для роста. Такой подход не только обеспечивает более объективные результаты тестирования, но и служит основой для более эффективного управления персоналом и стратегического планирования внутри организации.

Важной составляющей успешного управления персоналом является также развитие и обучение сотрудников. Для оптимизации этого процесса можно применять алгоритмы анализа потребностей в обучении и разработке персонала на основе их текущих навыков, компетенций и карьерных целей. Например, алгоритмы кластеризации могут помочь выделить группы сотрудников с похожими потребностями в обучении и предложить персонализированные обучающие программы и материалы для каждой группы.

Успешная реализация алгоритмизированных подходов к тестированию сотрудников и формированию рабочих групп требует не только технической экспертизы, но и глубокого понимания бизнес-процессов и потребностей организации. Внедрение алгоритмов должно быть тщательно спланировано и адаптировано к конкретным условиям компании, учитывая ее стратегические цели и ценности. Только такой комплексный подход позволит достичь максимальной эффективности и конкурентоспособности на рынке.

### Библиографический список

1. Панкова Д.А. Методика применения алгоритма формирования системы автоматического тестирования для проверки знаний сотрудников, 2012.
2. Захаров А. А., Кравцова О. В. Система электронного тестирования. Разработка тестовых материалов и компьютерное тестирование : учебно-методическое пособие 2005.
3. Ленская И. Ю., Шиндряева И. В. Управление персоналом организации 2017.

УДК 004.02

### ВОЗМОЖНОСТИ DATA MINING В АНАЛИЗЕ ПРОДАЖ

**А.О. Торжкова, А.В. Крошили**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, annet.2001@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются возможности применения методов Data Mining в области анализа продаж. Описаны различные варианты анализа и сегментации клиентов, прогнозирования продаж и оптимизации затрат на продажи и маркетинг. Представлена классификация методов интеллектуального анализа данных. Перечислены основные используемые метрики оценки качества продаж и маркетинговых кампаний.

*Ключевые слова:* анализ данных, Data Mining, большие данные, анализ продаж, классификация, кластеризация, прогнозирование, метрики.

### DATA MINING POSSIBILITIES IN SALES ANALYSIS

**A.O. Torzhkova, A.V. Kroshilin**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, annet.2001@yandex.ru*

*The summary.* This paper discusses the possibilities of using Data Mining methods in the field of sales analysis. Various options for analyzing and segmenting customers, forecasting sales and op-

timizing sales and marketing costs are described. A classification of data mining methods is presented. The main metrics used to assess the quality of sales and marketing campaigns are listed.

*Keywords:* data analysis, Data Mining, big data, sales analysis, classification, clustering, forecasting, metrics.

Массовый учёт данных в компаниях ведётся человечеством уже несколько десятилетий. Широко распространенная практика управления и анализа больших объёмов данных в корпорациях начала набирать обороты в конце 20-го века с появлением информационных технологий и растущей важностью принятия решений, основываясь на актуальных данных, собранных компанией [1, 2]. В связи с этим сильно развилась совокупность методов анализа больших данных, называемая Data Mining.

Data Mining – это совокупность методов поиска причинно-следственных связей, тенденций и идей в больших наборах данных. Интеллектуальный анализ данных состоит из этапов извлечения, преобразования и анализа, в результате которого выявляются скрытые закономерности, взаимосвязи и новые знания о предметной области, которые могут быть полезны при прогнозировании и принятии решений [3].

Data Mining может применяться для решения следующих бизнес-задач.

*Прогнозирование и выявление тренда или периодических колебаний.* Руководствуясь прогнозами, компании могут эффективно распределять ресурсы, управлять уровнем запасов, ставить реалистичные цели и корректировать маркетинговые стратегии. Понимание тенденций продаж позволяет компаниям извлекать выгоду из возможностей, снижать риски и опережать конкурентов.

*Определение потребностей клиентов.* Определение потребностей клиентов имеет большое значение для того, чтобы подстроить продукты или услуги под изменяющийся спрос, повысить удовлетворенность клиентов, их лояльность и оставаться конкурентоспособными на рынке.

*Сегментация клиентов.* Сегментация необходима для определения целевой аудитории, выявления характерных признаков этих групп. Разделяя клиентов на отдельные группы на основе таких сходств, как демографические данные, предпочтения и т.д., компании могут создавать целевые маркетинговые стратегии и сообщения, которые находят отклик у конкретных сегментов покупателей. Этот подход помогает оптимизировать ресурсы, повысить вовлеченность клиентов и стимулировать продажи.

*Идентификация клиентов, приносящих наибольшую прибыль.* Выявление таких покупателей помогает предприятиям сосредоточить ресурсы на ценных отношениях, таргетировать маркетинг, улучшить удержание и максимизировать общую прибыльность.

*Увеличение количества лояльных и постоянных клиентов.* Эксперты оценивают затраты компании на удержание текущего клиента как гораздо меньшие в сравнении с привлечением нового или попыткой вернуть уже ушедшего. Data Mining позволяет обнаружить потенциально лояльных покупателей, которые могут стать постоянными и уход которых желательно предотвратить.

*Анализ эффективности расходов на продвижения продукта.* Это позволяет понять, какие стратегии работают, оптимизировать свои маркетинговые усилия, эффективно распределять ресурсы и в конечном итоге максимизировать отдачу от инвестиций.

*Анализ покупательской корзины для формирования рекомендаций.* Позволяет понять, какие товары стоит выставлять рядом друг с другом в физических торговых площадках и вероятность покупок таких комбинаций.

*Формирование ассортимента продуктов.* Изучение продаж и создание подробных профилей различных категорий товаров помогает определить закономерности популярных и нишевых товаров, а также данные покупателей. Это понимание позволяет лучше понять целевую аудиторию, что приводит к более эффективному продвижению продуктов.

*Анализ воронки.* Он включает в себя оценку эффективности воронки продаж, чтобы определить, почему потенциальные клиенты в итоге совершают покупку или нет. Этот ана-

лиз помогает понять факторы, которые побуждают клиентов принимать решения, и вероятность их превращения в покупателей.

Все методы, которые традиционно относят к Data Mining, можно разделить на следующие группы.

*Классификация* – процесс категоризации точек данных в заранее определенные классы или категории на основе их функций или атрибутов. Это тип обучения с учителем, при котором модель учится прогнозировать класс новых, невидимых данных на основе шаблонов, полученных из помеченных обучающих данных.

*Регрессия* – метод, используемый для прогнозирования новых значений некоторого параметра на основе его предыдущих значений, обычно во времени. Он моделирует взаимосвязь между независимыми параметрами и зависимой переменной, значение которой требуется предсказать.

*Кластеризация* – метод машинного обучения без учителя, в результате которого выборка объектов разбивается на группы (кластеры) таким образом, что объекты из одной группы максимально похожи друг на друга, а из разных – максимально отличаются.

*Анализ отклонений* – статистический метод, используемый для анализа изменчивости или разброса точек данных в наборе данных. Он вычисляет, насколько отдельные точки данных отличаются от среднего или среднего значения набора данных, предоставляя представление о распределении и согласованности данных [4].

Анализ данных любым из перечисленных методов проводится на основе метрик выборки данных. Выбор показателей для анализа данных о продажах варьируется в зависимости от таких факторов, как бизнес-цели, отрасль, целевая демографическая группа и другие. Универсального решения не существует. Метрики служат маркерами для оценки маркетинга, продаж и общей эффективности бизнеса, и важно рассматривать их в совокупности, а не по отдельности.

Основные метрики бизнеса:

- CPO (Cost per Order) – расходы на привлечение одного клиента, который совершит покупку, купит продукт или запросит услугу у компании, известные как стоимость одного конкретного взаимодействия с клиентом;
- ROI (Return on Investment) – эффективность инвестиций, например, в маркетинг;
- ARPU (Average Revenue per User) – средний доход на одного вовлеченного клиента за период времени;
- LTV (Lifetime Value) – показатель дохода, который приносит конкретный клиент за все время отношений с компанией;
- Churn Rate – количество клиентов, которые были упущены.

Основные метрики маркетинга:

- CR (Conversion Rate) – доля посетителей сайта, выполнивших желаемое действие, по сравнению с общим количеством посетителей сайта;
- CTR (Click-Through Rate) – доля пользователей, которые нажали на рекламу, относительно всех увидевших её;
- CPC (Cost per Click) – общий показатель, используемый в онлайн-рекламе для измерения того, сколько рекламодатель платит за каждый клик по своему объявлению;
- CPA (Cost per Action) – расходы, понесенные для привлечения одного клиента, выполнившего определенное действие на веб-сайте;
- SAC (Customer Acquisition Cost) – затраты компании на привлечение одного клиента [5].

В результате рассмотрения методов Data Mining можно сделать вывод, что интеллектуальный анализ данных при анализе продаж позволяет организациям принимать обоснованные решения, понимать поведение клиентов, прогнозировать рыночные тенденции и, в конечном итоге, добиваться успеха в продажах в современной конкурентной бизнес-среде.

### Библиографический список

1. Торжкова А.О., Крошила С.В. Возможности и проблемы применения искусственного интеллекта при анализе продаж // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов; РГРТУ, т.1, Рязань: 2023 – 197 с.(75-77).
2. Жулев В. И., Крошилин А. В., Крошила С. В. Проектирование систем поддержки принятия решений. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2023. – 180 с.: ил.
3. Барсемян А.А. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А.А. Барсемян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.: ил. + CD-ROM.
4. Макшанов А.В. Большие данные. Big Data : учебник для вузов / А.В. Макшанов, А.Е. Журавлев, Л.Н. Тындыкарь. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 188 с. : ил. – Текст : непосредственный.
5. Метрики продаж, которые отслеживают высокопродуктивные команды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.salesai.ru/metriki-prodazh-kotoryue-otslezhivayut-vysokoproduktivnyye-komandy>. – Дата доступа: 18.02.2024.

УДК 004.414.2; ГРНТИ 50.41.25

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ С ПОСТРОЕНИЕМ ДИАГРАММ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

**И.Ю. Копылов, Е.О. Орешкина**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, vanyakopylov@mail.ru*

*Аннотация.* В статье рассматривается проектирование архитектуры веб-приложения управления проектом с построением диаграмм оценки производительности. В статье приведены основные требования к функциональности такого приложения, включая возможности управления проектами, задачами, ресурсами и т.д. Особое внимание уделяется выбору микросервисной архитектуры как оптимального решения для обеспечения гибкости, масштабируемости и отказоустойчивости приложения и проектированию базы данных для обеспечения эффективного функционирования приложения. Полученные выводы и архитектурные решения могут быть использованы для разработки современных приложений управления проектами, которые будут соответствовать требованиям современных бизнес-процессов.

*Ключевые слова:* веб-приложение, управление проектом, диаграммы оценки производительности, архитектура, микросервисная архитектура, проектирование, база данных, физическая схема базы данных, производительность, функциональные требования.

## DESIGNING THE ARCHITECTURE OF A PROJECT MANAGEMENT WEB APPLICATION WITH THE CONSTRUCTION OF PERFORMANCE EVALUATION DIAGRAMS

**I.Y. Kopylov, E.O. Oreshkina**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, vanyakopylov@mail.ru*

*Abstract.* This paper discusses the design of the architecture of a project management web application with the construction of performance evaluation diagrams. The article describes the basic requirements for the functionality of such an application, including the ability to manage projects, tasks, resources, etc. Special attention is paid to the choice of microservice architecture as the optimal solution for ensuring the flexibility, scalability and fault tolerance of the application and database design to ensure the effective functioning of the application. The findings and architectural solutions can be used by developers to develop modern project management applications that will meet the requirements of modern business processes.

*Keywords:* web application, project management, performance evaluation diagrams, architecture, micro service architecture, design, database, physical schema of database, performance, functional requirements.

## Введение

В современном мире, где технологии становятся все более важным инструментом для управления бизнес-процессами, разработка программного обеспечения для управления проектами становится критически важной задачей для компаний любого масштаба. Организация и контроль проектов – это сложные задачи, требующие системного подхода, именно поэтому специализированное программное обеспечение становится необходимостью. В контексте управления проектами, особое внимание уделяется не только планированию и мониторингу проектов, но и оценке их производительности. Для этой цели широко применяются диаграммы оценки производительности, которые позволяют наглядно представить данные о ходе проекта и его эффективности.

Целью работы является разработать архитектуру веб-приложения управления проектами с построением диаграмм оценки производительности.

## Требования к функциональности приложения

Разрабатываемое приложение должно отвечать ряду ключевых требований, необходимых для эффективного планирования, отслеживания и анализа хода проектов, а также для оценки их производительности. Рассмотрим основные функциональные возможности такого приложения:

1. Управление проектами:
  - Создание, редактирование и удаление проектов.
  - Добавление и управление задачами в рамках проектов.
  - Определение статуса проектов и их приоритетов.
  - Назначение ответственных лиц за выполнение задач.
  - Отслеживание временных рамок и сроков выполнения проектов и задач.
2. Управление задачами:
  - Создание, редактирование и удаление задач.
  - Установка приоритетов и сроков выполнения задач.
  - Отслеживание статуса выполнения задач (выполнена, в процессе, ожидает и т.д.).
  - Распределение задач между участниками команды.
3. Построение диаграмм оценки производительности:
  - Визуализация данных о производительности проекта в виде графиков, диаграмм или отчетов.
  - Гибкие настройки и настраиваемые графики и диаграммы для удовлетворения специфических потребностей пользователей.
4. Безопасность и доступ:
  - Управление правами доступа к данным и функционалу приложения.
  - Обеспечение защиты конфиденциальности и целостности данных.

## Выбор и разработка архитектуры

При выборе архитектуры для приложения управления проектами с построением диаграмм оценки производительности необходимо учитывать ряд факторов, таких как масштаб проекта, требования к гибкости, масштабируемости, поддерживаемости и т. д. Два варианта архитектуры, которые подходят под выдвигаемые требования, - это монолитная и микросервисная архитектуры. Рассмотрим основные аспекты каждой из них:

### *Монолитная архитектура*

Монолитная архитектура представляет собой подход, при котором все компоненты приложения объединены в единую монолитную систему [1], обычно в рамках одного проекта. В такой архитектуре все части приложения работают в тесном взаимодействии друг с

другом и часто разворачиваются на одном сервере [2]. Пример данной архитектуры показан на рисунке 1.

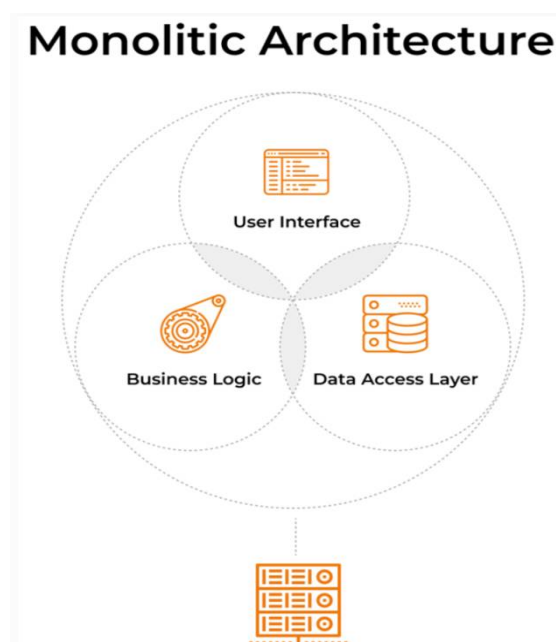


Рис. 1. Монолитная архитектура

#### *Преимущества монолитной архитектуры:*

1. Простота разработки: разработка монолитного приложения относительно проста, так как все его компоненты находятся в едином кодовом репозитории и могут взаимодействовать напрямую друг с другом.
2. Простота развертывания: монолитное приложение легко разворачивается на сервере, так как все его компоненты находятся вместе и требуют минимальных настроек.
3. Простота масштабирования вертикально: монолитное приложение может быть масштабировано вертикально (увеличение ресурсов сервера), что может быть достаточным для обработки увеличения нагрузки.

#### *Недостатки монолитной архитектуры:*

1. Сложность поддержки: при росте размеров приложения и увеличении его функциональности монолитная архитектура может стать сложной для поддержки и модификации из-за единой кодовой базы.
2. Ограниченная гибкость и масштабируемость: монолитное приложение может оказаться сложным для масштабирования горизонтально (добавление новых экземпляров приложения) из-за единой кодовой базы и общей архитектуры.

#### *Микросервисная архитектура*

Микросервисная архитектура представляет собой подход, при котором приложение разбивается на небольшие независимые сервисы [1], каждый из которых отвечает за определенную функциональность и может быть разработан и развернут независимо друг от друга. Пример такой архитектуры представлен на рисунке 2.

#### *Преимущества микросервисной архитектуры:*

1. Гибкость и отказоустойчивость: разбиение приложения на независимые сервисы делает его более гибким и отказоустойчивым, так как отказ одного сервиса не влияет на работу остальных.
2. Масштабируемость: микросервисы могут быть масштабированы независимо друг от друга в зависимости от нагрузки на конкретный сервис, что обеспечивает более эффективное использование ресурсов.

## Microservices Architecture

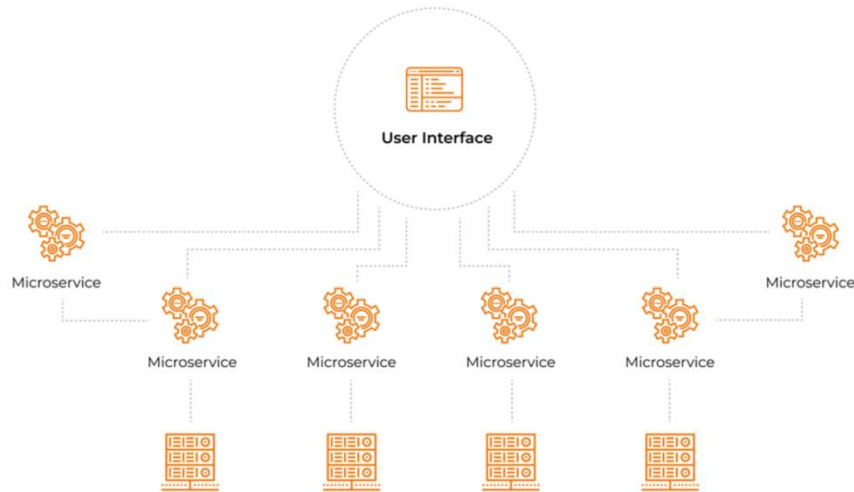


Рис. 2. Микросервисная архитектура

3. Технологическое разнообразие: каждый сервис может быть разработан и развернут с использованием различных технологий и инструментов, что позволяет выбирать наиболее подходящие решения для каждой задачи.

### Недостатки микросервисной архитектуры:

1. Сложность управления: Управление множеством независимых сервисов может быть сложным, особенно при необходимости обеспечения их взаимодействия и координации.
2. Дополнительные издержки: разработка и поддержка микросервисной архитектуры может быть более затратной по сравнению с монолитной, так как требует дополнительных усилий по настройке и управлению множеством сервисов.

В случае с приложением управления проектами стоит выбрать микросервисную архитектуру по следующим причинам:

1. Гибкость: приложение управления проектом будет иметь различные компоненты, такие как управление проектами, построение диаграмм производительности, аналитика и т. Д. Разбиение его на независимые микросервисы позволит гибко масштабировать и управлять каждым компонентом независимо в зависимости от нагрузки и потребностей.
2. Более простая масштабируемость: микросервисная архитектура облегчает масштабирование приложения горизонтально (путем добавления новых экземпляров сервисов), что обеспечивает более эффективное использование ресурсов.
3. Технологическое разнообразие: каждый сервис может быть разработан и развернут с использованием различных технологий и инструментов, что позволяет выбирать наиболее подходящие решения для каждой задачи.

На рисунке 3 представлена диаграмма взаимодействия нашего приложения, иллюстрирующая основные компоненты и их взаимосвязь в рамках микросервисной архитектуры:



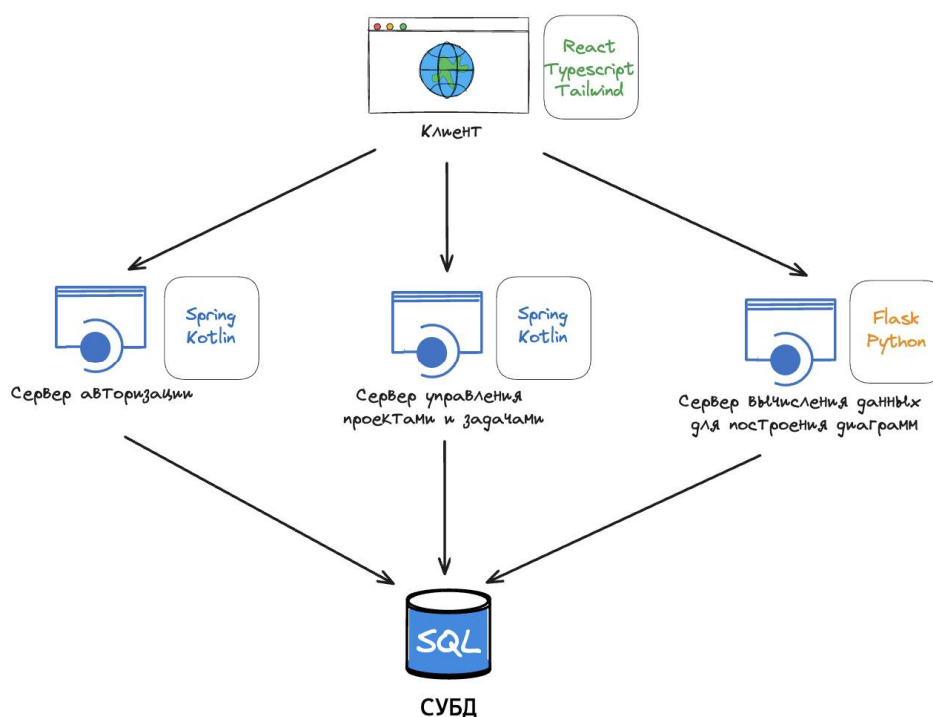


Рис. 3. Архитектура приложения управления проектами

### Проектирование базы данных

База данных (БД) играет ключевую роль в приложении управления проектами, поскольку в ней будут храниться данные обо всех проектах, задачах, участниках, ресурсах и других аспектах управления проектами. Без базы данных приложение не сможет эффективно сохранять и управлять этой информацией. К тому же необходимо предусмотреть историчность изменения состояний задач и всего проекта в целом для ведения статистики и построения диаграмм оценки производительности и эффективности работы команд. В качестве СУБД была выбрана PostgreSQL, физическая схема БД представлена на рисунке 4.

Ключевыми отношениями, представленными в схеме БД являются: Пользователь (User), Задача (Task), Переход задачи (Task\_transition).

Сущность пользователя является одной из основных сущностей в базе данных управления проектами, поскольку пользователи играют важную роль в системе, принимая участие в управлении проектами, выполнении задач и взаимодействии с другими участниками. Эта сущность содержит основные данные о каждом пользователе, необходимые для аутентификации, управления правами доступа и для обеспечения функциональности приложения.

Сущность задачи в базе данных управления проектами играет ключевую роль в организации и управлении рабочими задачами в рамках проекта. Она позволяет структурировать и организовывать задачи, которые должны быть выполнены в рамках проекта.

Каждая задача представляет собой конкретную единицу работы, имеющую определенные цели, сроки и ответственных лиц, содержат информацию о сроках и приоритетах, что позволяет эффективно управлять временем и распределять работы между участниками проекта. Это помогает избежать просрочек и соблюдать график выполнения проекта. Также сущность задачи имеет связанную таблицу переходов задач, которая определяет логику и последовательность изменений состояний задачи в рамках процесса ее выполнения. На основе таблицы переходов можно построить диаграмму оценки производительности, которая бу-

дет наглядно отображать все возможные переходы задач между состояниями и позволит анализировать процесс управления проектом.

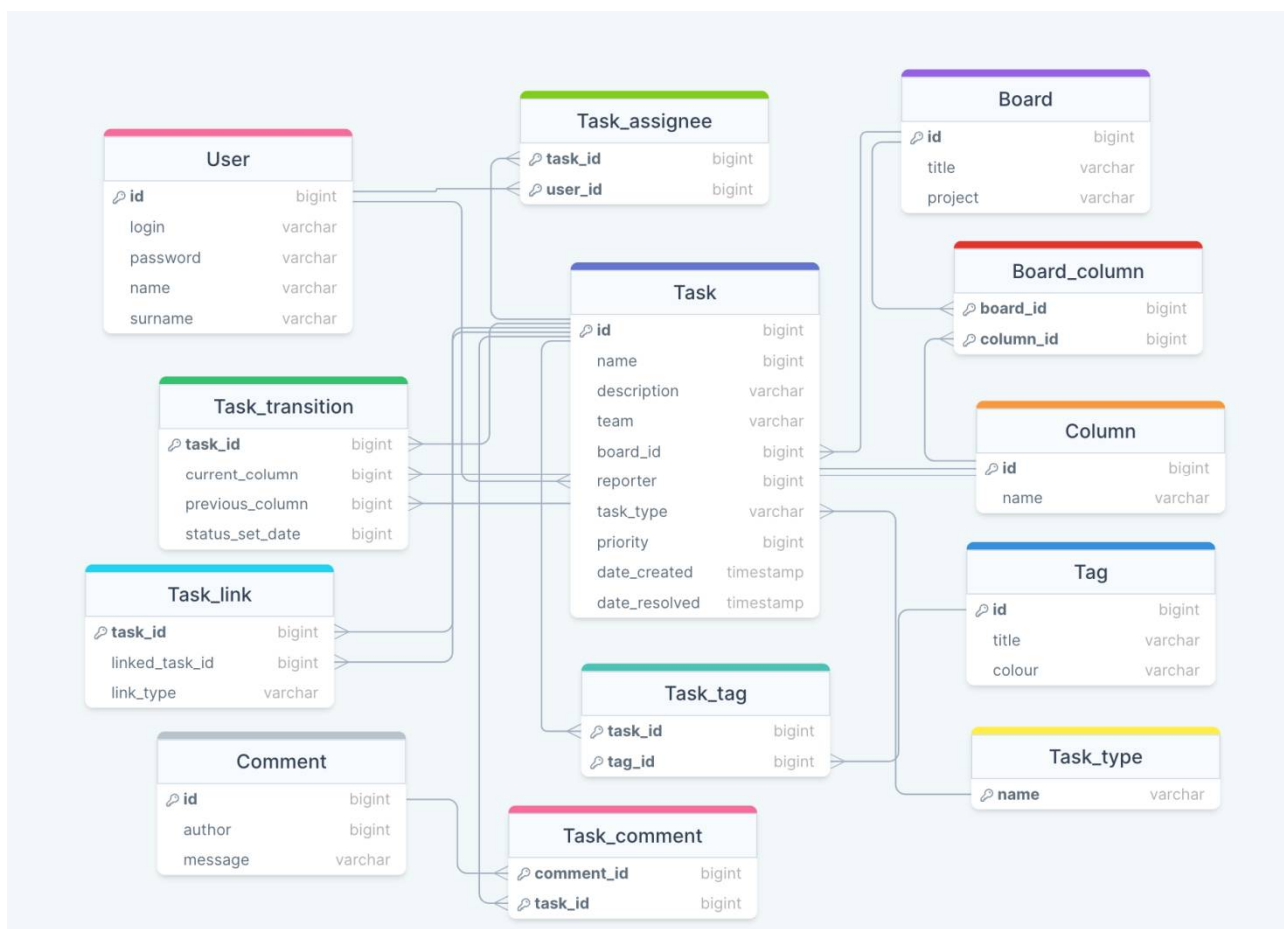


Рис. 4. Физическая схема БД приложения управления проектами

## Заключение

В рамках исследования было спроектировано веб-приложение управления проектами с учетом функциональных требований и потребностей пользователей. При выборе архитектуры было принято решение в пользу микросервисной архитектуры. Этот выбор обусловлен стремлением к повышенной гибкости, масштабируемости и независимости компонентов приложения. Для хранения данных была спроектирована база данных, оптимизированная под функциональные требования приложения. Следующим шагом в развитии проекта планируется реализация программной части приложения на основе спроектированной архитектуры. Это включает в себя создание микросервисов, их взаимодействие, реализацию бизнес-логики, пользовательского интерфейса и других компонентов системы.

## Библиографический список

1. Крис Ричардсон. Шаблоны микросервисов: с примерами на Java / Крис Ричардсон, Н. Гринчик, С.В. Черников // М.:Вильямс. – 2018. – 544 с.
2. С. Ньюмен. От монолита к микросервисам: Эволюционные модели преобразования вашего монолита / С. Ньюмен, А. В. Логунов // М.:ВНУ. – 2022. – 272 с.

УДК 004.896; ГРНТИ 50.01.80

## **ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТОК И СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**А.П. Кирсанов, А.Н. Пылкин, С.С. Тороян**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, pylkin.a.n@rsreu.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются правовые аспекты разработки, внедрения и сопровождения программного обеспечения по искусственному интеллекту в контексте цифровизации. Она охватывает различные аспекты, начиная от этических вопросов и прозрачности алгоритмов до конфиденциальности и безопасности данных, а также вопросов ответственности за принимаемые искусственным интеллектом решения. Авторы обсуждают необходимость соблюдения законодательства о защите данных, установление правил прозрачности и аудита, определение правовых норм ответственности, регулирование интеллектуальной собственности и разработку нормативных актов об этических стандартах. Статья подчеркивает важность соблюдения этих правовых аспектов для обеспечения законности, этичности и доверия общества к технологиям искусственного интеллекта в условиях их широкого применения в современном мире.

## **LEGAL ASPECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SOFTWARE DEVELOPMENT AND MAINTENANCE**

**A.P. Kirsanov, A.N. Pylkin, S.S. Toroyan**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, pylkin.a.n@rsreu.ru*

*Annotation.* The paper deals with legal aspects of development, implementation and maintenance of artificial intelligence software in the context of digitalization. It covers various aspects ranging from ethical issues and transparency of algorithms to privacy and data security, as well as issues of responsibility for decisions made by artificial intelligence. The authors discuss the need to comply with data protection legislation, establish transparency and auditing rules, define legal standards of liability, regulate intellectual property, and develop regulations on ethical standards. The article emphasizes the importance of these legal aspects to ensure the legality, ethics, and public trust in AI technologies as they are widely used in the world today.

В настоящее время цифровизация проникает в различные сферы человеческой деятельности и использование искусственного интеллекта становится неотъемлемой частью этого процесса. Министр цифрового развития, связи и массовых коммуникаций М.И.Шадеев выделяет три основных тренда в развитии и реализации задач, стоящих перед современным обществом:

- создание универсальных программных платформ;
- разработка и внедрение искусственного интеллекта;
- обеспечение кибербезопасности.

Методы и алгоритмы искусственного интеллекта уже давно присутствует в различных аспектах человеческой жизни и деятельности. Искусственный интеллект эволюционировал из логического подхода, начавшись в 1950-х годах прошлого века, и с тех пор охватил широкий спектр технологий и методик. На современном этапе развития искусственного интеллекта особое внимание уделяется обработке больших объемов данных (Big Data) и получению новых знаний в результате анализа этих данных

Одним из ключевых аспектов развития искусственного интеллекта является создание и использование специализированных алгоритмов и методов обработки данных, которые моделируют работу человеческого мозга. Это открывает новые возможности для автоматизации процессов и повышения эффективности деятельности в различных областях.

К настоящему времени не существует нормативного акта, который регулирует все аспекты искусственного интеллекта. Основным нормативным актом в Российской Федерации, регулирующим правовую основу искусственного интеллекта, является указ Президента Рос-

сийской Федерации от 10 декабря 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (совместно с редакцией от 15.02.2024 г.). Данный указ определил «Национальную стратегию развития искусственного интеллекта на период до 2030 года».

С развитием искусственного интеллекта возникают различные проблемы, связанные с его разработкой, внедрением и использованием. В процессе решения поставленных задач можно выделить следующие проблемы и методы их решения.

*Этические вопросы и прозрачность алгоритмов.*

Одной из основных проблем, с которыми сталкиваются разработчики искусственного интеллекта, является этика использования и прозрачность алгоритмов. Вопросы о том, как алгоритмы принимают решения и какие данные они используют для этого, становятся все более актуальными. Например, алгоритмы машинного обучения могут быть предвзятыми или дискриминационными, основываясь на неправильно интерпретированных данных. Для решения этой проблемы необходимы методы аудита алгоритмов и обеспечения их прозрачности, а также разработка этических стандартов использования искусственного интеллекта.

*Конфиденциальность и безопасность данных.*

Еще одной ключевой проблемой является защита конфиденциальности и безопасности данных, используемых для обучения и функционирования алгоритмов искусственного интеллекта. Утечки или неправомерный доступ к этим данным могут привести к серьезным последствиям, включая утрату доверия пользователей и нарушение законодательства о защите персональных данных. Методы шифрования данных, обеспечение безопасности сетей и систем хранения данных, а также соблюдение соответствующих правовых норм могут помочь решить эту проблему.

*Ответственность за решения, принимаемые искусственным интеллектом*

С развитием автономных систем и роботизированных технологий возникает вопрос об ответственности за решения, принимаемые искусственным интеллектом. Кто несет ответственность за ошибки или причиненный ущерб, когда решения принимаются автономными системами? Этот вопрос требует разработки новых правовых норм и регулирования, чтобы определить ответственность за действия искусственного интеллекта и установить процедуры компенсации в случае возникновения проблем.

С учетом широкого применения искусственного интеллекта, особое внимание следует уделить правовым аспектам разработки, сопровождения и использования соответствующего программного обеспечения. Важно регулировать отношения между разработчиками, создателями, эксплуатационниками и пользователями искусственного интеллекта, чтобы обеспечить безопасность, защиту данных и соблюдение прав и интересов всех сторон.

- *Законодательство о защите данных*

Соблюдение законодательства о защите данных, такого как Общий регламент по защите данных (GDPR) в Европейском союзе или Хартия по защите данных в США, является обязательным. Это включает в себя обеспечение конфиденциальности и безопасности данных, согласованное с требованиями по обработке персональных данных.

- *Правила прозрачности и аудита*

Для обеспечения прозрачности и этичности использования алгоритмов искусственного интеллекта необходимо разработать правила аудита и прозрачности, которые позволят анализировать и оценивать работу алгоритмов с точки зрения их соответствия этическим стандартам и правовым нормам.

- *Определение правовых норм ответственности*

Важно определить правовые нормы ответственности за решения, принимаемые искусственным интеллектом. Это может включать в себя установление правил о том, какие виды деятельности могут быть автоматизированы, а также определение ответственных лиц или организаций за принимаемые решения [1].

- *Регулирование интеллектуальной собственности*

Правовые аспекты также охватывают вопросы интеллектуальной собственности, связанные с разработкой и использованием программного обеспечения по искусственному интеллекту. Владельцы авторских прав на алгоритмы, модели машинного обучения и другие интеллектуальные продукты должны защищать свои права и обеспечивать их соблюдение. Кроме того, необходимо учитывать возможные лицензионные ограничения и требования к использованию такого программного обеспечения. [2]. Основопологающим аспектом авторского права на программный продукт служит право автора – физического лица, который в результате творческой деятельности создал оригинальное программное обеспечение. Авторское право первоначально возникает у автора, а затем переходит третьему лицу или сохраняется за автором разработки в полном объеме. Вариант, при котором возникает факт совместного владения правом на программную разработку, зависит от конкретных условий его создания. Процесс создания интеллектуальной собственности (в форме программного продукта) может иметь следующие аспекты с точки зрения создания программного продукта:

- разработка по собственной инициативе и полностью за свой счет;
- проект в соавторстве с другим физическим лицом (с другими физическими лицами);
- создание продукта за плату в рамках гражданско-правового договора с конкретным заказчиком;
- работа выполнена в рамках выполнения служебных обязанностей по трудовому договору с работодателем.

С учетом этих особенностей, в конечном итоге, устанавливается авторское право или его переход другим правообладателям.

- *Нормативные акты об этических стандартах*

Развитие искусственного интеллекта также поднимает вопросы этики и морали. В некоторых странах принимаются нормативные акты, направленные на установление этических стандартов в разработке и использовании искусственного интеллекта. Эти стандарты могут включать в себя требования к прозрачности алгоритмов, защите прав потребителей и предотвращению негативных социальных последствий использования искусственного интеллекта.

Развитие программного обеспечения по искусственному интеллекту представляет собой ключевой аспект цифровизации современного общества. Однако, для успешной интеграции этой технологии необходимо уделить должное внимание правовым аспектам, таким как защита данных, интеллектуальная собственность, этические стандарты и определение ответственности. Соблюдение этих аспектов не только обеспечивает законность и этичность использования искусственного интеллекта, но и способствует доверию общества к этим технологиям, создавая благоприятную среду для их инновационного применения.

### **Библиографический список**

1. Медведев А.И. Правовые аспекты искусственного интеллекта и смежных технологий // Журнал Суда по интеллектуальным правам. Декабрь 2022. Вып. 4 (38). С. 48–63.
2. Филипова И.А. Правовое регулирование искусственного интеллекта: учебное пособие – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2020. – 90 с.

УДК 004.891; ГРНТИ 50.41

## НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ В МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЯХ

В.Л. Бурковский, С.А. Гущин

*Воронежский государственный технический университет,  
Российская федерация, Воронеж, GuSt-work@yandex.ru*

*Аннотация.* В данной работе рассмотрены проблематика повышения качества прогнозирования отказов в мультисервисных сетях. Анализируются возможности применения нейросетевых технологий в рамках процедур прогнозирования отказов, а также проблемы, связанные с применением машинного обучения в задачах распознавания и предсказания сбоев в режиме реального времени. Представлены перспективные типы нейронных сетей для решения рассматриваемой проблемы - рекуррентная нейронная сеть с долгой краткосрочной памятью (RNN LSTM) и временная сверточная сеть (TCN).

*Ключевые слова:* машинное обучение, мультисервисные сети, рекуррентные нейронные сети, временные сверточные сети, прогнозирование отказов.

## NEURAL NETWORK PREDICTION OF FAILURES IN MULTISERVICE NETWORKS

V. L. Burkovsky, S.A. Gushchin

*Voronezh State Technical University,  
Russian Federation, Voronezh, GuSt-work@yandex.ru*

*Abstract.* In this paper, the problems of improving the quality of failure forecasting in multiservice networks are considered. The possibilities of using neural network technologies in the framework of failure prediction procedures are analyzed, as well as problems associated with the use of machine learning in real-time recognition and prediction of failures. Promising types of neural networks for solving the problem under consideration are presented - a recurrent neural network with long short-term memory (RNN LSTM) and a temporary convolutional network (TCN).

*Keywords:* machine learning, multiservice networks, recurrent neural networks, temporary convolutional networks, failure prediction.

Мультисервисные сети являются сетями, предоставляющими несколько видов услуг, таких как голосовая связь, передача данных и видеосвязь. Подверженность мультисервисных сетей различного рода сбоям и отказам может быть вызвана различными факторами, включая недостатки в аппаратуре, программном обеспечении, человеческих факторах, а также внешними угрозами, такими как кибератаки и природные бедствия.

Мультисервисные сети, в силу своей сложности и многообразия услуг, которые они предоставляют, могут быть более уязвимыми для отказов, чем однотипные сети. Повреждение или отказ в одной части сети может иметь негативное воздействие на другие виды услуг, что делает их более подверженными отказам в целом.

### Проблемы прогнозирования отказов в мультисервисных сетях

Надежность работы сложных сетей связи, таких как мультисервисные системы связи (МСС), зависит от информационной нагрузки, а именно от параметров потоков заявок, поступающих в систему. Важно отметить, что в МСС присутствует избыточность (структурная, временная, функциональная), которая значительно влияет на их надежность работы. МСС рассчитаны на максимальную нагрузку и предусматривают наличие свободных ресурсов в случайные промежутки времени [1, 2].

Традиционным методом диагностирования и предупреждения сбоев является мониторинг. Мониторинг представляет собой программное снятие метрик с работающей системы или программы, что даёт возможность диагностировать её состояние в режиме реального времени и помогает определить, что именно вызвало сбой.

Метрики представляют собой различные показатели программной системы, среды её исполнения или физической вычислительной машины, под которой запущена система с меткой времени, того момента, когда метрики были получены. В статическом анализе данные метрик называются временными рядами. Для наблюдения за состоянием программной системы метрики отображают в виде графиков: по оси  $X$  – время, а по оси  $Y$  – значения. С работающей программной системы может сниматься несколько тысяч метрик (с каждого узла). Они образуют пространство метрик (многомерных временных рядов).

У сложных программных систем, которыми и являются мультисервисные сети, может сниматься очень большое количество метрик, что приводит к низкой эффективности ручного мониторинга и высоким требованиям к квалификации специалистов. На практике средства мониторинга показывают хорошие результаты при обнаружении уже произошедших отказов, например, остановку сервера или критическое замедление скорости обслуживания, но предсказание возможного сбоя остаётся крайне трудной задачей для методов ручного мониторинга.

### **Применение нейросетевых технологий в задачах прогнозирования отказов**

Возможным решением предупреждения сбоев будет, так называемое, предиктивное обслуживание. Суть данного подхода заключается в нахождении неполадок, ведущих к деградации системы, на ранних этапах, до её отказа с использованием технологий искусственного интеллекта. Данный подход не исключает ручной мониторинг системы. Он является вспомогательным для процесса мониторинга и требует дополнительного контроля оператора для исключения ложных срабатываний.

Основным инструментом реализации предиктивного обслуживания является задача поиска аномалий во временных рядах, так как при возникновении аномалии в данных велика вероятность того, что через некоторое время возникнет сбой или отказ. Аномалия – это некоторое отклонение показателей программной системы, такое как выявление деградации скорости выполнения запроса одного вида или снижение среднего числа обслуживаемых обращений при постоянном уровне клиентских сессий.

Задача поиска аномалий для программных систем имеет свою специфику. Для каждой программной системы необходима разработка или доработка имеющихся методов, так как поиск аномалий очень зависит от данных, в которых он производится, а данные программных систем очень различаются в зависимости от инструментов реализации системы вплоть до того, под какой вычислительной машиной она запущена.

Использование нейронных сетей для прогнозирования отказов включает несколько основных этапов:

1. Сбор данных: сначала необходимо собрать данные о работе оборудования, такие как параметры работы, частота отказов, условия эксплуатации и другие факторы, которые могут влиять на вероятность отказа;

2. Подготовка данных: затем данные необходимо обработать, очистить и подготовить для входа в нейронную сеть. Это может включать в себя масштабирование, нормализацию и выделение признаков. Для корректного обучения модели нейронной сети необходимы данные нормальной работы системы;

3. Обучение нейронной сети: после подготовки данных нейронная сеть обучается на этих данных с целью выявления закономерностей между параметрами и вероятностью отказов. Это процесс, в ходе которого нейронная сеть постепенно настраивается на предоставленные данные, чтобы минимизировать ошибку прогнозирования;

4. Тестирование и валидация: после завершения обучения нейронную сеть проверяют и проверяют её точность и эффективность на тестовых данных для подтверждения её способности прогнозирования отказов;

5. Применение модели: после успешного обучения и валидации нейронную сеть можно применять для прогнозирования вероятности отказов в реальном времени на основе поступающих данных.

Основная логика для поиска аномалий при помощи нейронных сетей представлена на рисунке 1.

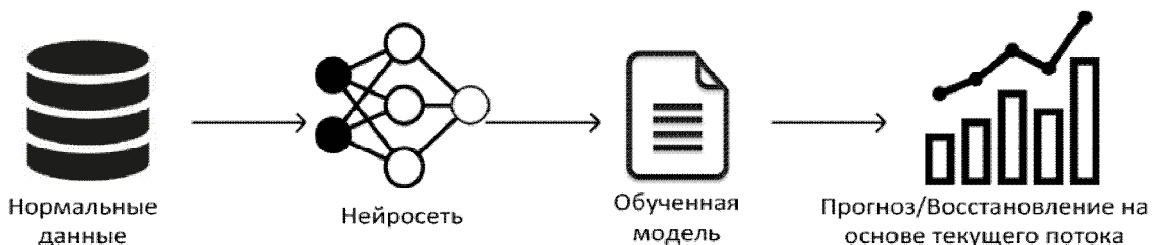


Рис. 1. Поиск аномалий при помощи нейросетевых технологий

### Проблемы применения нейросетевых технологий в задачах прогнозирования отказов

Использование нейронных сетей в задачах прогнозирования отказов может включать в себя несколько потенциальных проблем, включая:

1. Недостаточность данных: Нейронные сети могут требовать большого объема данных для обучения, особенно в случае прогнозирования отказов, где нештатные ситуации могут быть редкими. Недостаточное количество данных может привести к низкой точности прогнозирования.

2. Неинтерпретируемость: Некоторые типы нейронных сетей, особенно глубокие нейронные сети, могут быть сложны в интерпретации. Это может создавать проблемы в понимании причин отказов и принятии решений на основе результатов прогнозирования.

3. Обучение на несбалансированных данных: Если набор данных содержит сильный дисбаланс между классами (например, между отказами и нормальной работой), нейронные сети могут иметь тенденцию к предсказанию доминирующего класса, игнорируя редкие события.

4. Вычислительная сложность: Нейронные сети могут требовать больших вычислительных ресурсов, особенно глубокие и сложные модели. Это может создавать проблемы в обучении и использовании моделей в реальном времени для своевременного прогнозирования отказов.

Для решения этих проблем необходимо внимательно подходить к выбору моделей, подготовке данных и оценке результатов прогнозирования. Также стоит учитывать, что нейронные сети могут быть эффективны в решении задач прогнозирования отказов, особенно при правильной настройке и обучении.

### Перспективные типы нейронных сетей для прогнозирования отказов

Для прогнозирования отказов в мультисервисных сетях возможно использование различных типов нейронных сетей. Например, рекуррентные нейронные сети (RNN) могут быть эффективны для работы с последовательными данными. Рекуррентные нейронные сети с долгой краткосрочной памятью (RNN LSTM) являются мощным инструментом для работы с последовательными данными, такими как временные ряды. Они способны улавливать долгосрочные зависимости в данных и прогнозировать будущие значения на основе предыдущих [3].

В задачах прогнозирования ошибки, RNN LSTM могут быть применены для моделирования временных рядов, которые представляют ошибку или отклонение от некоторого



эталонного значения. RNN LSTM могут быть использованы для прогнозирования будущих значений ошибки на основе предыдущих измерений.

Принцип работы RNN LSTM в задачах прогнозирования временных рядов состоит в следующем:

1. Входные данные, обычно временные ряды, подаются на вход слоя LSTM.
2. LSTM содержит ячейки памяти, которые могут сохранять информацию о предыдущих состояниях и обновлять ее.
3. В процессе обучения слой LSTM адаптирует свои веса и параметры, чтобы наилучшим образом моделировать зависимости во временных данных.
4. После обучения LSTM может использоваться для прогнозирования будущих значений временного ряда.
5. При прогнозировании LSTM учитывает как текущие входные данные, так и ранее сохраненные информацию о предыдущих состояниях, что позволяет более точно моделировать зависимости и делать прогнозы временных рядов.

Временные сверточные сети (TCN), или Temporal Convolutional Network, представляет собой архитектуру нейронной сети, предназначенную для анализа временных рядов и прогнозирования. Она широко используется в области машинного обучения и искусственного интеллекта.

Принцип работы TCN основан на использовании сверточных слоев для извлечения характеристик из временных данных. Основной идеей является то, что сверточные операции позволяют сети автоматически изучать локальные закономерности во временных рядах, что делает ее эффективной для анализа последовательных данных.

Сверточные слои TCN способны изучать различные временные шаблоны и паттерны в данных, обеспечивая возможность захвата как коротких, так и длинных зависимостей. Благодаря использованию каскадных блоков сверточных слоев и методов downsampling, TCN может обрабатывать временные данные разной длины, сохраняя при этом высокую эффективность.

Для прогнозирования временных рядов TCN обычно используется выходной слой, который может быть настроен для предсказания будущих значений временного ряда на основе извлеченных характеристик и паттернов.

Таким образом, TCN обеспечивает мощный инструмент для прогнозирования временных рядов за счет эффективной работы с временными данными и извлечения важных факторов, влияющих на будущие значения.

Также могут применяться сверточные нейронные сети (CNN) для анализа пространственной зависимости в данных, что может быть полезно при работе с данными о характеристиках сети или оборудования.

### Библиографический список

1. Нетес В.А. Основы теории надежности. МТУСИ. - М.:2014. – 74 с.
2. Лебедев С.В. Межсетевое экранирование. Теория и практика защиты внешнего периметра. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. — 304 с.
3. Artificial Intelligence Tools Decision support systems in condition monitoring and diagnosis Diego Galar Pascual. 2015. 528с.

УДК 004.934; ГРНТИ 28.23

## АДАПТАЦИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ

М.И. Лапкин

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, adraydante@yandex.ru*

*Аннотация.* В данной работе рассматривается перспективное направление развития информационных технологий в образовательной сфере - адаптация и эксплуатация систем распознавания речи. Описывается процесс адаптации системы на особенности речи пользователей, примеры использования систем распознавания речи в образовании и их преимущества и недостатки. Статья подчеркивает потенциал этих систем для улучшения доступности образовательных ресурсов, повышения качества обучения и развития инновационных методик обучения.

*Ключевые слова:* информационные технологии, образовательная сфера, системы распознавания речи, адаптация, доступность образовательных ресурсов, качество обучения, инновационные методики обучения.

## ADAPTATION AND OPERATION OF SPEECH RECOGNITION SYSTEMS IN THE EDUCATIONAL FIELD

M.I. Lapkin

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, adraydante@yandex.ru*

*The summary.* In this paper, a promising direction for the development of information technologies in the educational field is considered - the adaptation and operation of speech recognition systems. The process of adapting the system to the speech characteristics of users, examples of the use of speech recognition systems in education and their advantages and disadvantages are described. The article highlights the potential of these systems to improve the availability of educational resources, improve the quality of education and develop innovative teaching methods.

*Keywords:* information technologies, educational sphere, speech recognition systems, adaptation, accessibility of educational resources, quality of education, innovative teaching methods.

Адаптация и эксплуатация систем распознавания речи в образовательной сфере представляет собой актуальное и стремительно развивающееся направление современных технологических исследований. Особенностью данного поля является стремление образовательных учреждений к внедрению инновационных инструментов, целью которых является повышение эффективности учебного процесса и создание доступной среды обучения для широкого круга обучающихся.

Системы распознавания речи, благодаря способности превращать устную речь в текстовую форму, открывают перед педагогами и учащимися ряд преимуществ. Среди них — оптимизация времени на ввод текста, возможности для лиц с ограниченными возможностями, адаптация образовательных материалов под различные стили обучения, а также улучшение индивидуального взаимодействия с образовательными программами [1].

Важность данной темы подкрепляется быстрым развитием технологий искусственного интеллекта, которые лежат в основе систем распознавания речи. Образовательные институты сталкиваются с вызовом интеграции передовых технологий в традиционные учебные планы и программы, требуя от учителей не только глубоких знаний в предметной области, но и компетенций в области информационных технологий.

В числе проблем, связанных с приёмом и использованием систем распознавания речи в образовании, стоят вопросы точности распознавания, адаптации к различным языкам и акцентам, а также обеспечение приватности и защиты данных пользователей. Многие из этих проблем предполагают междисциплинарный подход к их решению, где педагогические знания сочетаются с достижениями в области компьютерных наук и лингвистики.

Исследуются различные подходы к внедрению этих систем в учебный процесс, опыт разных стран и культур, а также потенциальные преимущества и сложности, с которыми сталкиваются образовательные учреждения при адаптации инновационных решений.

Цель настоящего исследования — систематизировать и проанализировать существующие данные о применении систем распознавания речи в образовании, выявить ключевые тенденции и определить стратегические направления для дальнейшего развития и оптимизации использования этих технологий в образовательной сфере. Особое внимание в статье уделяется вопросам адаптации технологий под конкретные условия эксплуатации в учебных заведениях.

### **Адаптация систем распознавания речи**

Адаптация систем распознавания речи в образовательной сфере представляет собой процесс настройки системы на особенности речи конкретного пользователя или группы пользователей. Это включает в себя сбор и анализ аудиоданных, обучение модели распознавания речи и настройку параметров системы. Адаптация позволяет улучшить качество распознавания и повысить точность системы [2].

Адаптация систем распознавания речи в образовательной сфере играет важную роль, поскольку позволяет улучшить доступность образовательных ресурсов для всех категорий обучающихся. Эта технология позволяет студентам с ограниченными возможностями использовать голосовые команды для управления устройствами и получения информации, что делает обучение более доступным и инклюзивным.

Преимущества адаптации систем распознавания речи включают увеличение эффективности обучения за счет возможности получения информации без необходимости использования клавиатуры или мыши, улучшение качества обучения за счет более натурального и комфортного взаимодействия со студентами, а также возможность использования инновационных методик обучения, основанных на голосовом взаимодействии.

Кроме того, адаптация систем распознавания речи способствует повышению эффективности образовательного процесса за счет автоматизации определенных задач, таких как создание заметок или выполнение поиска информации. Это позволяет преподавателям и студентам уделить больше времени непосредственно обучению и углубленному изучению материала.

### **Недостатки адаптации систем распознавания речи в образовательной сфере**

Необходимо отметить, что адаптация систем распознавания речи в образовательной среде сопровождается рядом недостатков и проблем, которые необходимо учитывать для эффективной интеграции этих технологий в учебный процесс.

Одним из основных недостатков является ограниченная точность распознавания речи, особенно в условиях наличия разнообразных акцентов и диалектов среди учащихся. Технологии распознавания речи часто базируются на стандартном наборе фонетических моделей, что приводит к ошибкам при интерпретации слов и фраз, произнесенных носителями языка или людьми с региональными особенностями речи. Это может привести к затруднениям в использовании данных систем в мультикультурном и многоязычном образовательном пространстве.

Вторым значительным недостатком является необходимость значительных инвестиций в инфраструктуру и оборудование. Школы и университеты должны обладать качественными микрофонами и аудиосистемами, а также высокоскоростным интернетом для подключения к облачным сервисам распознавания речи. В условиях ограниченного бюджета многие учебные заведения могут столкнуться с финансовыми трудностями при внедрении таких систем.

Третья проблема связана с конфиденциальностью и защитой личных данных. Системы распознавания речи часто требуют записи и хранения голосовых данных для улучшения качества распознавания, что поднимает вопросы приватности пользователей. Обеспечение соответствия нормам о защите данных и предотвращение утечек чувствительной информации представляет собой серьёзную задачу для образовательных учреждений.

Кроме того, препятствием для адаптации систем распознавания речи может стать сопротивление со стороны педагогов и студентов, обусловленное недостаточной информированностью о преимуществах и возможностях технологии, а также страхом перед нововведениями. Следствием этого является необходимость в проведении обучающих семинаров и тренингов, а также в разработке интуитивно понятных интерфейсов и вспомогательных материалов, облегчающих процесс адаптации.

Наконец, технические сложности, связанные с поддержкой и обслуживанием систем распознавания речи, могут вызывать дополнительные препятствия для их широкого применения в образовании. Необходимость регулярного обновления программного обеспечения, исправления ошибок и обучения штата поддержки создаёт нагрузку на ресурсы учебных заведений.

### **Эксплуатация систем распознавания речи в образовательной сфере**

Эксплуатация систем распознавания речи в образовательной сфере может быть многообразной. Одним из примеров является автоматическое оценивание произношения учащихся при изучении иностранных языков. Системы распознавания речи могут анализировать произношение учащихся и выделять ошибки, что позволяет преподавателям давать обратную связь и корректировать учебный процесс. Также системы распознавания речи могут использоваться для создания интерактивных образовательных приложений, которые помогают учащимся развивать навыки говорения и понимания на слух.

Использование систем распознавания речи в образовательной сфере также может способствовать более эффективной оценке знаний студентов. Например, системы распознавания речи могут быть использованы для проведения устных экзаменов или тестирования, что позволит студентам проходить оценку знаний более естественным образом, без необходимости писать или набирать текст. Это также может помочь в борьбе с мошенничеством на экзаменах, поскольку системы распознавания речи могут обеспечить более точную идентификацию студентов.

Кроме того, использование систем распознавания речи может способствовать созданию персонализированных образовательных программ. Благодаря анализу речи студентов, системы могут определять их индивидуальные потребности и предлагать персонализированные материалы и задания, что способствует более эффективному обучению [3].

### **Преимущества эксплуатации систем распознавания речи в образовательной сфере**

Эксплуатация систем распознавания речи в образовательной сфере имеет множество преимуществ. Во-первых, это повышает доступность образовательных ресурсов для людей с ограниченными возможностями, такими как слабовидящие или слабослышащие. Во-вторых, это позволяет улучшить качество обучения и повысить эффективность учебного процесса. В-третьих, использование систем распознавания речи способствует развитию новых методик обучения и созданию инновационных образовательных технологий.

Дополнительным преимуществом эксплуатации систем распознавания речи в образовательной сфере является возможность создания более инклюзивной среды для обучения. Системы распознавания речи могут быть особенно полезны для студентов с ограниченными возможностями, такими как дислексия или другие нарушения чтения и письма. Благодаря

возможности диктовки ответов вместо письма, эти студенты смогут проходить оценку знаний более комфортно и эффективно [4].

Кроме того, использование систем распознавания речи может помочь в улучшении навыков коммуникации у студентов, особенно тех, у кого есть проблемы с артикуляцией или произношением. Они смогут практиковать свои навыки устной речи, используя системы распознавания, что в конечном итоге способствует развитию их уверенности и навыков общения [5].

Таким образом, использование систем распознавания речи в образовательной сфере не только способствует улучшению процесса обучения и оценки знаний, но также создает более инклюзивную и поддерживающую среду для всех студентов, независимо от их индивидуальных особенностей и потребностей.

### **Заключение**

В заключительной части исследования представлены итоги изучения адаптации и эксплуатации систем распознавания речи в образовательной сфере и подчёркиваются ключевые выводы, сделанные в ходе работы.

Во-первых, установлено, что интеграция систем распознавания речи значительно повышает уровень доступности и инклюзивности образовательных услуг, позволяя учащимся с различными потребностями более эффективно взаимодействовать с учебными материалами и педагогическим персоналом.

Во-вторых, системы распознавания речи демонстрируют богатый потенциал для усовершенствования педагогической методики, особенно в контексте развития навыков языка, речи и коммуникации. Они обеспечивают дополнительные возможности для диагностики и коррекции произношения, а также предоставляют инструменты для создания интерактивных и динамичных уроков.

Третий ключевой момент заключается в том, что, несмотря на значительный прогресс в алгоритмах распознавания речи, до сих пор существуют технологические ограничения, такие как точность распознавания у различных возрастных групп, акцентов и диалектов. Эти ограничения подчеркивают необходимость постоянно совершенствовать технологию для её адекватной реакции на разнообразие человеческой речи.

На основе проведённого исследования сформулированы рекомендации по дальнейшему развитию систем распознавания речи в образовательном контексте. Среди них — разработка универсальных педагогических подходов и методов обучения, которые оптимизированы под возможности и особенности речевых технологий, а также создание многоязычных образовательных ресурсов, учитывающих специфику языковых особенностей различных регионов.

Также в статье описаны этические аспекты использования технологий распознавания речи, включая проблематику приватности и безопасности персональных данных учащихся. Обсуждаются необходимые меры по защите информации и обеспечению соответствия действующим нормативным требованиям в сфере обработки данных.

Необходимо выделить важность междисциплинарного подхода к исследованию и разработке систем распознавания речи, где знания и опыт специалистов в области информационных технологий, педагогики, лингвистики и психологии объединяются для достижения оптимальных результатов.

Адаптация и использование систем распознавания речи в образовательной сфере представляют собой перспективное направление развития информационных технологий. Они позволяют улучшить доступность образовательных ресурсов, повысить качество обучения и развивать инновационные методики обучения. Дальнейшее развитие этого направления может привести к значительным изменениям в образовательной сфере и улучшению качества образования.

### Библиографический список

1. Тампель И.Б. Автоматическое распознавание речи – основные этапы за 50 лет // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15. – № 6.
2. Ролинский, С. О., Двойникова А. А., Аналитический обзор методов извлечения текстовых транскрипций из речевых высказываний // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – 2022. – № 2.
3. Гаврилович, Н. В. Анализ коммерческих систем распознавания речи с открытым API // Таврический научный обозреватель. – 2016. – № 6(11).
4. Беседин, И. Ю. Анализ проблем автоматического распознавания речи // Вестник Ставропольского государственного университета. – 2010. – № 5.
5. Беленко, М. В. Сравнительный анализ систем распознавания речи с открытым кодом // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 4-4.

УДК 004.421; ГРНТИ 50.05

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА КОЛЛАБОРАТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ УСЛУГ КОСМЕТОЛОГИЧЕСКОЙ КЛИНИКИ

М.А. Лягушева

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, green.day.forever@mail.ru*

*Аннотация.* Данная научная статья посвящена изучению и анализу применения алгоритма коллаборативной фильтрации в контексте косметологической клиники. Основным акцентом исследования был сделан на возможностях персонализации услуг и улучшения интерактивного взаимодействия с клиентами с помощью этой технологии. Статья подробно рассматривает преодоление различных препятствий, включая вопросы безопасности и конфиденциальности данных пациентов, необходимые ресурсы и ограничения, связанные с реализацией алгоритма, а также процесс обучения персонала и внедрение системы рекомендаций в практику работы клиники.

*Ключевые слова:* коллаборативная фильтрация, персонализация услуг, косметологическая клиника, интерактивное взаимодействие с клиентами, безопасность данных, конфиденциальность данных пациентов, система рекомендаций.

## USING A COLLABORATIVE FILTERING ALGORITHM TO PERSONALIZE COSMETOLOGY CLINIC SERVICES

M.A. Lyagusheva

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, green.day.forever@mail.ru*

*The summary.* This scientific article is devoted to the study and analysis of the application of the collaborative filtering algorithm in the context of a cosmetology clinic. The main focus of the research was on the possibilities of personalizing services and improving interactive interaction with customers using this technology. The article examines in detail the overcoming of various obstacles, including issues of safety and confidentiality of patient data, the necessary resources and limitations associated with the implementation of the algorithm, as well as the process of staff training and the introduction of a system of recommendations into the practice of the clinic.

*Keywords:* collaborative filtering, personalization of services, cosmetology clinic, interactive interaction with clients, data security, confidentiality of patient data, recommendation system.

В современном обществе, где индивидуальные потребности и предпочтения преобладают, предоставление персонализированных услуг становится все более важным во многих областях, включая косметическую индустрию и клиники. Косметологические клиники стремятся достичь наилучших результатов для своих пациентов, и одним из ключевых аспектов достижения этой цели является предоставление услуг, которые соответствуют индивидуальным потребностям и предпочтениям каждого пациента.

В последние годы наблюдается рост интереса к применению алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта для оптимизации персонализации услуг. Один из та-

ких алгоритмов, широко применяемый в области персонализации рекомендаций, - это алгоритм коллаборативной фильтрации. Он основывается на анализе и учете предпочтений и поведения пользователя, а также на сравнении его с другими пользователями для предоставления индивидуальных рекомендаций. В контексте косметологических клиник это может означать автоматизированный подбор процедур, косметических средств или рекомендаций по уходу, которые наиболее соответствуют индивидуальным особенностям кожи, истории посещений и отзывам других клиентов с похожими характеристиками. Персонализированный подход может радикальным образом изменить взаимодействие клиники и клиента, делая его более целенаправленным и эффективным [1].

Целью данной научной статьи является исследование применения алгоритма коллаборативной фильтрации для персонализации услуг косметологической клиники. Будет рассмотрено, как этот алгоритм может быть применен для улучшения качества предоставляемых услуг, повышения удовлетворенности пациентов и роста клиентской базы клиники.

В данной статье будет представлен метод исследования, основанный на использовании данных о предпочтениях и истории посещений пациентов. Подробно рассмотрится процесс применения алгоритма коллаборативной фильтрации для определения наиболее релевантных услуг для каждого пациента, а также методы оценки и измерения эффективности предоставляемых персонализированных услуг.

Ожидаемыми результатами исследования являются повышение удовлетворенности пациентов, увеличение лояльности клиентов, увеличение продаж услуг и рост клиентской базы клиники. Также будут рассмотрены возможные препятствия и стратегии их преодоления для успешной реализации алгоритма коллаборативной фильтрации в сфере косметологических услуг.

Эта статья предлагает новый взгляд на применение алгоритма коллаборативной фильтрации в косметологической индустрии, что открывает новые возможности для повышения качества услуг и улучшения взаимодействия между клиникой и ее пациентами. Более подробное понимание персонализации услуг и эффективного использования алгоритма коллаборативной фильтрации может иметь большое значение для успеха и развития косметологических клиник в современной конкурентной среде.

### **Методология исследования коллаборативной фильтрации**

Алгоритмы коллаборативной фильтрации классифицируются на методы, основанные на памяти и методы, основанные на модели. Основанные на памяти подходы (user-based и item-based) осуществляют фильтрацию, используя рейтинги всего набора данных, в то время как методы, основанные на модели, включая матричное разложение и машинное обучение, строят прогнозы, используя предварительно обученные модели [2].

Для обучения алгоритма коллаборативной фильтрации необходимо собрать релевантные данные, описывающие предпочтения пациентов косметологической клиники. В исследовании используется выборка, включающая анонимную информацию различных пациентов, их демографические данные, историю бронирования услуг, отзывы по завершении процедур и оценки уровня удовлетворенности от полученных услуг.

Мера схожести между пользователями является ключевым элементом в user-based подходе коллаборативной фильтрации. В исследовании мера схожести определяется на основе векторов предпочтений пользователей, которые формируются из оценок услуг. Используются два основных метода для вычисления схожести: коэффициент корреляции Пирсона и косинусное сходство. Коэффициент корреляции Пирсона оценивает линейную взаимосвязь между оценками двух пользователей, а косинусное сходство измеряет угол между двумя векторами оценок, что позволяет выявить степень схожести направленностей их предпочтений.

Оценка сходства позволяет идентифицировать группу пользователей с аналогичными интересами для каждого конкретного пользователя.

Процесс формирования персонализированных рекомендаций начинается с агрегации данных о предпочтениях пользователей и их схожести. Алгоритм коллаборативной фильтрации работает в несколько этапов [3]:

1. Выбора наиболее похожих пользователей для каждого конкретного пациента (т. н. «соседей») на основе рассчитанной меры схожести.

2. Анализа истории оценок и предпочтений этой группы для выявления услуг, которые с высокой вероятностью понравятся конкретному пациенту.

3. Прогнозирование оценок для неиспытанных пациентом услуг путем агрегирования информации от похожих на него пользователей. Обычно это взвешивание оценок, при котором больший вес придают мнениям более схожих пользователей.

4. Ранжирования услуг на основе предсказанных оценок и предложения наивысшие оцененных услуг в качестве персонализированных рекомендаций.

В контексте косметологической клиники, эти методы могут использоваться для анализа и обработки больших объемов данных о клиентах, их предпочтениях и отзывах об услугах. На основании этой информации возможно сформировать индивидуализированные рекомендации, что может улучшить клиентский опыт и повысить удовлетворенность услугами.

### **Применение алгоритма коллаборативной фильтрации в косметологической клинике**

Использование коллаборативной фильтрации в косметологических клиниках предоставляет возможность персонализировать консультационные услуги для пациентов. По прибытию в клинику или во время онлайн-записи клиенту могут быть предложены услуги или продукты, наиболее подходящие его предыдущим предпочтениям и образцу поведения пользователей с аналогичными интересами. Это позволяет сэкономить время пациента на поиск нужных услуг и увеличивает его доверие к клинике из-за ощущения внимания к личным потребностям. Алгоритм может предложить услуги, которые клиенты с похожими предпочтениями оценили положительно, поддерживая этим образовательный процесс и информированный выбор.

Обработка данных о предпочтениях пациентов также может быть использована для динамической адаптации курсов лечения и ухода за кожей. Коллаборативный фильтрационный механизм помогает выявить такие продукты или услуги, которые были высоко оценены пациентами с схожими потребностями и условиями кожи. Результаты такого анализа могут быть использованы для предложения индивидуализированных планов ухода, увеличения их эффективности и поддержки пациентов в достижении лучших результатов лечения. Система рекомендаций может облегчить врачам процесс выбора между схожими процедурами и препаратами, на основе данных об их эффективности для пациентов с подобными кейсами.

Коллаборативная фильтрация может применяться не только для рекомендации услуг, но и для оптимизации результатов этих процедур. Анализ отзывов и оценок пациентов после проведенных процедур позволяет выявить факторы, способствующие улучшению удовлетворенности пациентов, и оперативно вносить коррективы в практику работы косметологов. Это также может способствовать разработке более эффективных комбинаций процедур или последовательности их применения [4]. Например, если данные показывают, что некоторая последовательность процедур дает лучшие результаты для определенного типа кожи, это знание можно использовать для улучшения лечебных протоколов. Таким образом, оценка результатов процедур и отзывы клиентов с помощью коллаборативной фильтрации могут предоставить ценную обратную связь, которая будет использована для повышения качества предоставляемых услуг.



### **Оценка эффективности применения алгоритма коллаборативной фильтрации**

Для оценки эффективности алгоритма коллаборативной фильтрации необходимо установить четкие критерии, которые помогут измерить уровень персонализации услуг в косметологической клинике. К таким критериям могут относиться:

1. Уровень удовлетворенности пациентов – измеряется через опросы, например, с использованием шкалы от 1 до 10.
2. Конверсия рекомендаций в записи на процедуры – отслеживается количество записей на рекомендованные услуги относительно общего количества рекомендаций.
3. Увеличение частоты посещений – определяется как изменение во времени между последовательными визитами пациента до и после внедрения системы рекомендаций.
4. Вовлеченность пациентов – отслеживание активности пациентов в использовании приложения, например, количество просмотренных страниц или время проведенное в приложении.
5. Экономические показатели – показатель среднего чека после внедрения системы и увеличение общего дохода клиники за счет предложения персонализированных услуг.

Обратная связь от пациентов – это важный компонент в оценке эффективности персонализации услуг. Для сбора обратной связи можно использовать следующие методы:

1. Проведение опросов среди пациентов для оценки их удовлетворенности предложенными услугами.
2. Анализ отзывов пациентов о процедурах, которые были выполнены по рекомендации системы.
3. Исследование повторных записей на те же услуги, что может указывать на высокое качество и точность рекомендаций.
4. Мониторинг отказов от предложенных рекомендаций и последующих изменений в предпочтениях.

Для количественной оценки эффективности рекомендательной системы и сравнения с другими традиционными или инновационными методами используются статистические метрики и тестирование [5].

### **Преодоление препятствий и трудностей при применении алгоритма коллаборативной фильтрации в косметологической клинике**

Применение алгоритма коллаборативной фильтрации в секторе косметологических услуг влечёт за собой ряд препятствий и трудностей, особенно связанных с безопасностью и конфиденциальностью данных пациентов. Обеспечение защиты данных становится критическим фактором, поскольку клиники управляют чувствительными личными сведениями клиентов, и поэтому должны строго следовать нормам, регулирующим защиту данных. Осознавая эту ответственность, важно внедрить надежные политики конфиденциальности и безопасные технологические решения, которые минимизируют риски несанкционированного доступа к личной информации и ее утечки.

Для реализации алгоритма коллаборативной фильтрации необходимы значительные ресурсы, включая квалифицированный персонал, программное обеспечение и аппаратные средства [6]. Зачастую клиники сталкиваются с ограничениями, связанными с бюджетом, недостатком IT-специалистов или ограниченными технологическими возможностями, что может затруднить внедрение высокотехнологичной системы рекомендаций. Необходим баланс между затратами на разработку и потенциальной отдачей от повышения качества обслуживания клиентов и увеличения прибыли. Кроме того, платформы должны быть масштабируемыми, чтобы соответствовать растущему количеству пациентов и услуг.

Успешное внедрение и использование алгоритма требует дополнительного обучения персонала работы с новой системой рекомендаций. Это предполагает не только техническую

подготовку, но и понимание принципов работы алгоритмов рекомендательной системы, чтобы сотрудники могли эффективно общаться с пациентами и объяснить преимущества персонализированных предложений. Менеджменту клиники важно сформировать подход к обучению, который будет учитывать разнообразие квалификации сотрудников, и предоставить им все необходимые ресурсы для обеспечения плавного перехода на новую систему без ущерба для качества обслуживания [7].

### Заключение

В заключении научной статьи об исследовании алгоритма коллаборативной фильтрации в контексте косметологической клиники целесообразно подвести итоги и выводы. В ходе исследования был изучен и данный алгоритм коллаборативной фильтрации для косметологической клиники. Полученные результаты подтвердили предположение о том, что системы коллаборативной фильтрации могут существенно улучшить качество персонализации услуг, увеличивая тем самым удовлетворенность клиентов и их лояльность к клинике.

Исследование показало, что использование алгоритма коллаборативной фильтрации в косметологической клинике имеет значительный потенциал для повышения эффективности работы специалистов и оптимизации взаимодействия с клиентами. Путь к индивидуальному подходу в предложении услуг подкреплен анализом поведения и предпочтений пациентов, что ведет к более точным и актуальным предложениям, основанным на предыдущем опыте подобных клиентов. Это дает возможность не только удовлетворить, но и превзойти ожидания пациентов, тем самым задавая новые стандарты в предоставлении услуг в области косметологии.

С точки зрения перспектив дальнейших исследований, данная работа открывает широкий спектр направлений для углубленного изучения алгоритмов рекомендательных систем и их применения в различных условиях клинической практики. Следует проработать вопросы масштабируемости систем, их интеграцию с другими видами аналитических инструментов, а также изучить долгосрочное влияние на экономические показатели клиники.

В качестве рекомендации для практического применения данной методологии акцентируется важность разработки четких и соблюдаемых протоколов безопасности данных, создания программ обучения для персонала по работе с новой системой и постоянного мониторинга эффективности системы с возможностью своевременной корректировки и оптимизации. Таким образом, коллаборативная фильтрация представляет собой мощный инструмент для персонализации услуг в косметологической клинике, способствуя повышению уровня удовлетворенности клиентов и эффективности бизнес-процессов.

### Библиографический список

1. Умбаров У. Х. Преимущества рекомендательных систем как инструментов маркетинга // Современные наукоемкие инновационные технологии: сб. стат. Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа: Аэтерна, 2018. – Ч. 2.
2. Новицкий Н. В. Анализ алгоритмов рекомендательных систем // Интернаука. – 2023. – № 18-2(288).
3. Меньшикова Н. В., Портнов И. В., Николаев И. Е. Обзор рекомендательных систем и возможностей учета контекста при формировании индивидуальных рекомендаций // Academy. – 2016. – № 6(9).
4. Adomavicius, G. & Tuzhilin, A. Toward the Next Generation of Recommender Systems: A Survey of the State-of-the-art and Possible Extensions. In IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2005, 17(6).
5. Пономарев А. В. Обзор методов учета контекста в системах коллаборативной фильтрации // Труды СПИИРАН. – 2013. – № 7(30).
6. Парфенов П. А., Тимофеева А. А., Сологуб Г. Б., Алексейчук А. С. Прогнозирование покупки товара, показанного клиенту рекомендательной системой // Моделирование и анализ данных. – 2020. – Т. 10, № 4.
7. Гринченков Д. В., Шестериков Д. В. Построение информационной системы с выбором используемой рекомендательной системы на основе пользовательских предпочтений // Зеленое будущее: тез. докл. науч. шк. для молодых ученых, аспирантов и студентов. – Новочеркасск: ЮРГПУ, 2023.

УДК 004.42

## СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА СЛОЖНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СВЯЗЕЙ НА ОСНОВЕ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОРОЖДЕННЫХ ПОДГРАФОВ

М.Е. Ушков, В.Л. Бурковский

Воронежский государственный технический университет,  
Российская Федерация, Воронеж, rector@cchgeu.ru

*Аннотация:* В работе анализируется проблематика реализации средства автоматизации процесса синтеза сложно-ориентированных связей на основе визуализации порожденных подграфов применительно к специфике объектов Нововоронежской АЭС (НВ АЭС), а также приводится описание архитектуры, особенностей интерактивной визуализации и функциональных возможностей разработанного программного обеспечения. Разработанное программное обеспечение может быть использовано в качестве дополнительного средства по сопровождению человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) автоматизированной системы управления (АСУ). Программное обеспечение позволит увеличить эффективность сопровождения и эргономичность эксплуатации ЧМИ АСУ.

*Ключевые слова:* средства визуализации порожденных подграфов, Python, PySide2.

## AUTOMATION TOOLS FOR THE SYNTHESIS OF COMPLEX-ORIENTED LINKS BASED ON VISUALIZATION OF INDUCED SUBGRAPHS

M.E. Ushkov, V.L. Burkovskiy

Voronezh State Technical University,  
Russia, Voronezh, rector@cchgeu.ru

*The summary.* The paper analyzes the problems of implementing a means of automating the synthesis of complex-oriented connections based on visualization of generated subgraphs in relation to the specifics of Novovoronezh NPP (NV NPP) facilities, and also provides a description of the architecture, features of interactive visualization and functionality of the developed software. The developed software can be used as an additional tool to support the human-machine interface (HMI) of an automated control system (ACS). The software will increase the efficiency of maintenance and ergonomics of operation of the HMI ACS.

*Keywords:* visualization tools for induced subgraphs, Python, PySide2.

### Введение

Процесс контроля и управления НВ АЭС осуществляется с помощью программного обеспечения (ПО) Портал. Основной частью системы визуализации которого являются интерактивные схемы технологического процесса (ТП). С помощью них оператор контролирует значения параметров ТП и отправляет команды управления на оборудование. Так как энергоблок содержит множество точек контроля и управления, оператору приходится взаимодействовать с большим количеством схем. Важной частью этого процесса является удобная и понятная система навигации между схемами, которая в случае необходимости предоставит оперативный доступ к требуемым данным. Навигация обеспечивается созданием связей между схемами.

На данный момент ПО Портал содержит систему из нескольких тысяч связанных и изолированных схем. По причине большого количества элементов редактирование и анализ связей системы невозможен без специализированных средств.

Цели работы:

1. Проанализировать проблематику реализации средства автоматизации процесса синтеза, редактирования и анализа сложно-ориентированных связей между большим количеством объектов.

2. Описать архитектуру, особенности интерактивной визуализации и функциональные возможности разработанного средства автоматизации.

### **Анализ проблематики разработки средства автоматизации**

Средства автоматизации чаще всего предполагают визуализацию информации, с которой пользователю предстоит работать. Визуализация информации — это процесс преобразования больших и сложных видов абстрактной информации в интуитивно понятную визуальную форму. Универсальным средством для представления структурированной информации являются графы при этом вопросам визуализации графов посвящена обширная литература (см., например, [1], [2], [3], [4], [5], [6]). Графы применяются для представления любой информации, которую можно промоделировать в виде объектов и связей между объектами [7].

В связи с этим объектом анализа становится проблематика интерактивной визуализации графов. Под интерактивной визуализацией понимается возможность пользователя взаимодействовать с визуализированным графом, изменяя его данные структуры (состав узлов и связей) и изображение (позиции узлов, масштаб и т.д.).

При интерактивной визуализации графов выделяются следующие основные проблемы:

- создание качественного способа изображения графа;
- большой размер визуализируемого графа;
- обеспечение удобства интерактивного взаимодействия с графом.

Создание качественного способа изображения графа. Один и тот же граф можно визуализировать разными способами, причем качество одного и того же изображения может по-разному оцениваться разными индивидуумами, а разные приложения могут требовать разные способы визуализации графа [7].

Большой размер визуализируемого графа. Размер графа является ключевой проблемой при визуализации. Если число элементов графа велико, его обработка может выходить за границы производительности или даже достигать предельных возможностей используемой для визуализации платформы. Даже если возможно разместить и показать все элементы большого графа, возникают проблемы наглядности и удобства, поскольку становится невозможным различать вершины и дуги. По существу, проблема удобства возникает даже раньше, чем проблема различия элементов [7].

Обеспечение удобства интерактивного взаимодействия с графом. Отсутствие подходящих инструментов интерактивного взаимодействия с графом может существенно затруднить его анализ и редактирование.

Главным критерием оценки качества методов визуализации информации является адекватность изображения графовой модели заданному типу информации и характеру её использования.

### **Способы решения проблем интерактивной визуализации, принятые в разработанном средстве автоматизации**

Проблему качественного способа изображения графов обычно решают с помощью анализа специфики визуализируемой информации, на основании которого разрабатываются оптимальные изобразительные соглашения. При визуализации интерактивных схем и их связей в виде графа схемы соответствуют узлам, а связи между ними – ребрам. В графе все ребра являются дугами, присутствуют кратные ребра, а также петли. Узлы изображаются в виде кругов, а ребра имеют полилинейное представление с метками направления. Полилинейное представление позволяет повысить наглядность изображения.

Проблему визуализации графов больших размеров можно решить несколькими способами: переходом от 2D к 3D изображению, использованием интерактивных методов с применением навигации и методов выделения, включающих геометрическую или семантическую деформацию, кластеризацию, агрегацию и другие техники. Однако охватывающий и

детальный анализ данных в графовой структуре наиболее прост, когда размер демонстрируемого графа небольшой и имеются соответствующие функциональные возможности [7].

Проблема удобства интерактивного взаимодействия решается с помощью добавления необходимых средств навигации и манипулирования данными, удовлетворяющих целям взаимодействия с информацией. В связи с этим описание функциональных возможностей приводится в контексте их использования. Средство автоматизации имеет следующие функциональные возможности:

- визуализация графов и производных подграфов в отдельных окнах;
- изменение визуализации графа;
- изменение данных структуры графа;
- динамическое обновление визуализированных графов при изменении данных структуры графа;
- автоматическое формирование изображения окрестности узла;
- автоматическое удаление избыточных узлов;
- гибкая конфигурация свойств графических элементов;
- многоуровневая детализация визуализации;
- поддержка графического кодирования информации;
- использование специализированных алгоритмов анализа топологии системы связей интерактивных схем;
- использование конфигурируемых алгоритмов автоматической раскладки графов на плоскость с возможностью минимизации области размещения графа, пересечений и общей длины ребер.

Визуализация графов и производных подграфов в отдельных окнах. Чаще всего интерактивные схемы принадлежат определённой семантической группе. Семантическая группа – это группа связанных между собой схем по принципу принадлежности к оборудованию одного типа, подразделению или конкретному технологическому процессу. Обычно все схемы группы имеют связь с одной общей схемой, которая называется обобщённой. Обобщённые схемы могут быть связаны с несколькими группами и между собой. Таким образом, образуется система связей, которая имеет сложную топологию и большое количество схем.

Из приведенных особенностей следует, что для удобства редактирования и анализа семантические группы оптимально представлять в отдельных окнах. Для анализа всей топологии следует иметь окно со всеми схемами и связями. Другими словами, возникает потребность в визуализации как графа целиком, так и его подграфов.

Рассмотрим специфику изображения связей интерактивных схем. Чтобы пользователь имел возможность оценить влияние вносимого им изменения в систему связей, необходимо гарантировать отображение всех связей между схемами текущего окна. Другими словами, любой визуализируемый подграф должен быть порожденным.

Изменение данных структуры графа, изменение визуализации графа. Под данными структуры графа понимается совокупность его ребер и узлов. Каждый элемент может иметь несколько графических представлений (далее представлений) для визуализации в нескольких окнах. Изменение визуализации предполагает редактирование состава представлений узлов окна. Изменение данных структуры графа предполагает редактирование состава узлов и ребер, которое влияет на все визуализированные графы, содержащие соответствующие элементы.

Динамическое обновление визуализированных графов. Так как данные структуры графа могут изменяться, то образуется потребность в обновлении визуализированных графов. Вся работа по визуализации графов, а в частности выполнение обновлений, обеспечивают алгоритмы работы с представлениями (далее алгоритмы представления).

Автоматическое формирование изображения окрестности узла. На практике система связей имеет сложную топологию, и разделить схемы на семантические группы без потери

представлений связей в некоторых случаях невозможно, однако при анализе связей конкретной схемы все же удобно иметь представления связей и схем её окрестности. В связи с этим для представления узла вводится свойство целостности графического представления окрестности. Например, при создании связи алгоритмы представления во всех окнах, где существует только одно представление узла этой связи, автоматически создают представление смежного узла. Свойство лишь обозначает необходимость в целостности представления окрестности, которую в свою очередь обеспечивают алгоритмы представления.

Автоматическое удаление избыточных узлов. Для увеличения гибкости визуализации добавлено свойство автоматического удаления представления узла при отсутствии представления окрестности. Это свойство предполагается использовать для исключения наличия несвязанных представлений узлов в окне, которые были добавлены автоматически для обеспечения целостности представления окрестности, но перестали относиться к ней после удаления соответствующей связи. Однако сценарий применения не запрещает устанавливать его для представлений узлов, добавленных пользователем.

Гибкая конфигурация свойств графических элементов. Помимо указанных выше свойств существуют дополнительные свойства представления элементов, которые также изменяют поведение алгоритмов представления. Свойства устанавливаются автоматически в зависимости от контекста создания представлений. Например, у автоматически добавленных представлений узлов свойство целостности представления окрестности деактивировано, что предотвращает неконтролируемое увеличение количества элементов подграфа. При этом любое свойство пользователь может активировать или деактивировать.

Многоуровневая детализация визуализированных графов. Дополнительно следует отметить, что постоянное наличие окрестности для всех схем семантической группы может загромождать изображение, уменьшая наглядность. В связи с этим требуются инструменты, которые влияют на представление окрестности. В роли подобных инструментов могут использоваться слои. То есть окрестность, напрямую не относящаяся к семантической группе, будет находиться в специальном слое. Для пользователя также предназначены несколько слоев, которым он может назначать представления узлов. Слои можно активировать и деактивировать, изменяя тем самым количество отображаемых элементов в окне.

Поддержка графического кодирования информации. Стоит обратить внимание на то, что представление окрестности может отсутствовать как по причине деактивации соответствующего свойства или слоя, так и по причине фактического отсутствия окрестности в данной структуре графа. Чтобы предостеречь пользователя от внесения изменений в структуру связей в первых двух случаях (явные изменения лучше неявных), состояние свойства целостности представления окрестности дополнительно закодировано с помощью типа линии (сплошная, пунктирная) контура представления узла, а факт наличия скрытых или отсутствующих представлений связей закодирован с помощью цвета линии контура представления узла.

Использование специализированных алгоритмов анализа топологии связей интерактивных схем. Для системы связей схем характерна определенная топология. Чтобы пользователь мог придерживаться топологии при синтезе и редактировании, были разработаны алгоритмы её анализа. Информация результата анализа закодирована в цвет фона представления узла, а подробное описание приводится в окне программы.

Наличие конфигурируемых алгоритмов автоматической раскладки графов. Наличием сложной топологии определяется необходимость применения алгоритмов раскладки графа на плоскость. Алгоритмы также способны минимизировать область размещения графа, пересечения и общую длину ребер. Поддерживаются следующие формы раскладки: сеточная, концентрическая, иерархическая на основе обхода графа в ширину, физическая (на основе физической симуляции). Применение подобных алгоритмов увеличивает наглядность визуализируемой информации.

Дополнительно пользователю доступны следующие функциональные возможности: создание, сохранение и удаление окон для визуализации; отмена и повтор действия; сохранение представлений и данных структуры графа; экспорт связей в интерактивные схемы; импорт информации из интерактивных схем; блокирование возможности удаления связей; широкий набор инструментов навигации; автоматическое распределение представлений элементов графа в отдельные окна на основании предварительно сформированных семантических групп.

### Архитектура программного обеспечения

Прикладное программное обеспечение было разработано на языке программирования Python с использованием объектно-ориентированного подхода. Основой для архитектуры служит паттерн программирования Model-View-Presenter [8]. Архитектура программного обеспечения приведена на рисунке 1. Для создания пользовательского графического интерфейса используется модуль PYSide2, который обеспечивает доступ к полному фреймворку Qt [9].

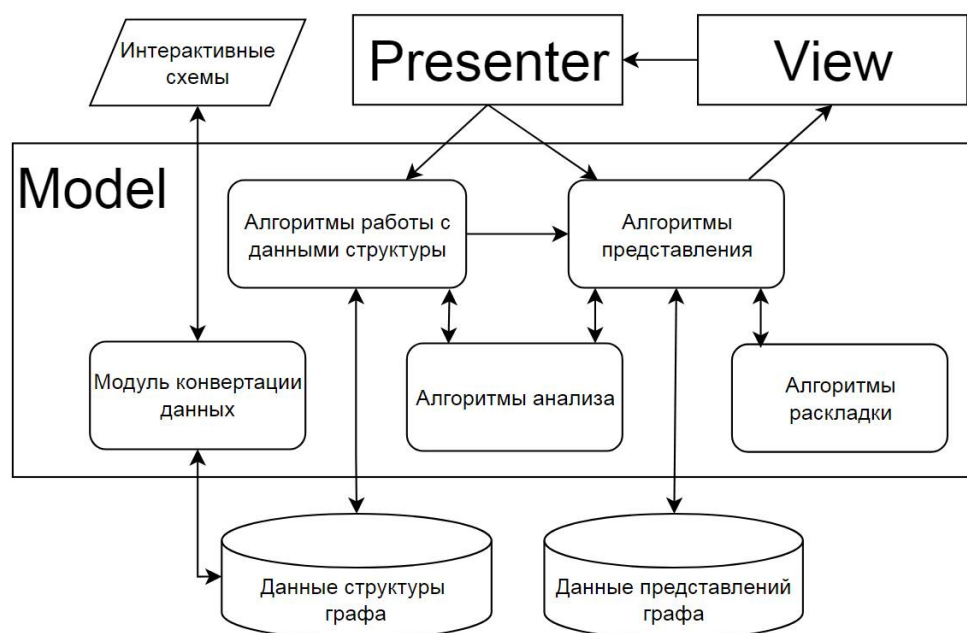


Рис. 1. Архитектура программного обеспечения

Создание нескольких графических представлений одного графа в отдельных окнах обеспечивается за счет разделения данных на данные структуры графа (узлы и связи) и на данные графических представлений его элементов. Операции над графическим представлением элемента в одном окне (перемещение, удаление и т.д.) не влияют на его графические представления в остальных окнах. Изменения данных структуры графа, напротив, затрагивают соответствующие элементы во всех окнах, например, созданная связь отображается во всех окнах, которые содержат её узлы.

Для работы с данными структуры используются алгоритмы работы со структурой. Для работы с графическими данными используются алгоритмы представления. При этом у алгоритмов работы со структурой есть доступ к алгоритмам представления для визуализации изменений в данных структуры. Алгоритмы анализа взаимодействуют с двумя вышеуказанными алгоритмами, так как они выполняют функции анализа топологии (данные структуры) и состояния видимости связей (графические данные).

Модуль конвертации данных выполняет как функцию сбора необходимой информации из интерактивных схем, так и функцию перезаписи связей интерактивных схем на основании данных структуры графа.

В зависимости от характера выполняемой пользователем операции Presenter обращается к необходимому набору алгоритмов.

### Вывод

В работе была проанализирована проблематика реализации средства автоматизации процесса синтеза, редактирования и анализа сложно-ориентированных связей между большим количеством объектов. На примере разработанного программного обеспечения были приведены основные способы решения выявленных проблем.

Разработанное программное обеспечение позволяет создавать, редактировать и анализировать сложную топологию связей интерактивных схем с помощью графического пользовательского интерфейса, что в свою очередь увеличивает эффективность сопровождения и эргономичность эксплуатации ЧМИ АСУ.

### Библиографический список

1. Касьянов В. Н., Евстигнеев В. А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 1104 с.
2. Касьянов В. Н., Касьянова Е. В. Визуализация графов и графовых моделей. — Новосибирск: Сибирское Научное Издательство, 2010. — 123 с.
3. Di Battista G., Eades P., Tamassia R., Tollis I.G. Graph Drawing: Algorithms for Visualization of Graphs. — Prentice Hall, 1999. — 397 p.
4. Drawing Graphs. Methods and Models.— Berlin: Springer, 2001. — 312 p. — (Lect. Notes Comput. Sci.; 2025).
5. Herman I., Melancon G., Marshall M. S. Graph visualization and navigation in information visualization: a survey // IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics. — 2000. — Vol. 6, N 1. — pp. 24–43.
6. Kasyanov V.N. Kasyanova E. V. Information visualization based on graph models // Enterprise Information Systems. — 2013. — Vol. 7, N 2. — pp. 187-197.
7. Касьянов В. Н. Визуализация информации на основе графовых моделей. — 8 с.
8. Model-View-Presenter [Электронный ресурс] – Режим доступа: - <https://en.wikipedia.org/wiki/Model%E2%80%93view%E2%80%93presenter>. – Дата доступа: 20.02.2024.
9. Qt for Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: - <https://doc.qt.io/qtforpython-5/index.html>. – Дата доступа: 20.02.2024.

УДК 004.4; 519.81; ГРНТИ 28.29.03

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОТКРЫТОЙ ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ ОПТИМИЗАЦИИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

**И.Ю.Ващило, А.Г. Подвесовский**

*Брянский государственный технический университет,  
Россия, Брянск, vashchiloivan@gmail.com, apodv@tu-bryansk.ru*

*Аннотация.* Рассмотрена задача создания математической программной платформы с открытым исходным кодом для разработки средств программной поддержки методов оптимизации и принятия решений в прикладных, исследовательских и учебных целях. Обоснована актуальность создания такой платформы, описаны основные цели ее разработки и ключевые требования. Представлена архитектура платформы, и рассмотрены некоторые особенности ее программной реализации. Приведены примеры использования платформы, и указаны направления ее дальнейшего развития.

*Ключевые слова:* принятие решений, многокритериальная оптимизация, информация о важности критериев, поддержка принятия решений, открытый исходный код.



## DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN OPEN SOURCE SOFTWARE PLATFORM FOR OPTIMIZATION AND DECISION-MAKING

I.Yu. Vashilo, A.G. Podvesovskii

Bryansk State Technical University,

Russia, Bryansk, vashchiloivan@gmail.com, apodv@tu-bryansk.ru

*Abstract.* The problem of creating an open source mathematical software platform is considered. The platform is intended for the development of software support tools for optimization and decision making methods for applied, research and educational purposes. The relevance of creating such a platform is justified, the main goals of its development and key requirements are described. The architecture of the platform is presented and some features of its software implementation are considered. Examples of the use of the platform are given, and directions for its further development are indicated.

*Keywords:* decision making, multi-criteria optimization, information about criteria importance, decision support, open source.

Большинство задач планирования, мониторинга и управления в организационных, технических, социальных и экономических системах требуют применения методов оптимизации и принятия решений, в том числе в условиях различных видов неопределенности информации и сложной структуры предпочтений лица, принимающего решение (ЛПР) [1]. В этой связи актуальной является задача разработки программно-инструментальных средств поддержки методов оптимизации и принятия решений и их применения в прикладных, исследовательских и учебных целях.

Один из путей решения указанной задачи может быть основан на использовании специализированных программных платформ и библиотек с открытым исходным кодом для создания различных видов программного обеспечения поддержки решения задач оптимизации и принятия решений. В настоящее время на рынке программного обеспечения существует множество решений подобного типа, в том числе с открытым исходным кодом. Достаточно известной и широко используемой является платформа OR\_tools от компании Google [2], существуют и другие решения, например, Adaptive Experimentation Platform [3], Gambit [4], Ragmo [5], Rumo [6] и др. Перечисленные решения в общем случае представляют наборы программных библиотек с открытым кодом, реализующих те или иные классы методов и алгоритмов оптимизации и принятия решений. В частности, Google OR-Tools ориентирована главным образом на решение задач линейной и целочисленной оптимизации, а также оптимизации в ограничениях, Gambit – на решение задач теории игр и т.д. Некоторые решения, например Gambit, дополнительно предоставляют графический интерфейс для построения и исследования моделей принятия решений в интерактивном режиме, без использования программирования.

Вместе с тем, при наличии широкого класса средств поддержки решения задач оптимизации, исследования операций и теории игр, значительно меньшее внимание уделяется задачам принятия решений при многих критериях, а также задачам в условиях природной неопределенности, при которой поведение внешней среды, в отличие от концепции, принятой в теории игр, не носит целенаправленный характер. Тем не менее, перечисленные задачи весьма часто возникают в целом ряде приложений [1, 7]. Таким образом, можно сделать вывод об актуальности создания программно-инструментальных средств поддержки решения таких задач.

Еще одним достаточно важным обстоятельством является и то, что существующие программные платформы и библиотеки оптимизации и принятия решений являются в своем большинстве зарубежными разработками, что позволяет говорить об актуальности создания отечественных программных решений в данной области.

С учетом изложенного, было принято решение о разработке математической программной платформы с открытым исходным кодом, ориентированной на поддержку методов

принятия решений различных классов. В качестве основных целей, которые были изначально поставлены при ее проектировании, можно указать:

1) заложить основы для создания новой отечественной математической программной платформы поддержки принятия решений с открытым исходным кодом, которая может быть использована в учебных, исследовательских и прикладных целях;

2) предоставить исследователям и разработчикам, а также обучающимся и преподавателям учебных заведений набор программных библиотек для создания различных видов программного обеспечения поддержки принятия решений;

3) обеспечить возможность расширения создаваемой платформы за счет реализации новых методов и алгоритмов принятия решений.

Ключевыми требованиями к создаваемой платформе являются:

- кроссплатформенность;
- наличие программного интерфейса (API) с поддержкой средств доступа (оберток) для различных языков программирования;
- поддержка одношаговых и многошаговых методов принятия решений;
- наличие графической оболочки для исследования моделей принятия решений в интерактивном режиме;
- наличие средств генерации индивидуальных учебных заданий для применения платформы в учебном процессе с целью получения практических навыков применения методов принятия решений.

Исходя из перечисленных требований, предложена архитектура программной платформы, представленная на рисунке 1. Для эффективной работы с разработчиками программная платформа имеет API-обертки к вычислительному ядру, выполняющему операции поиска и принятия решений. Для исследовательских и обучающих целей используется графический интерфейс, а также предусмотрена подсистема генерации индивидуальных учебных заданий.

Для реализации первой версии платформы был выбран класс многокритериальных задач принятия решений в условиях определенности, называемых также задачами многокритериальной оптимизации [7]. Структуру процесса поиска решений в таких задачах можно наглядно представить в виде BPMN-диаграммы, представленной на рисунке 2. Для удобства работы разработчику представляется сущность «Решатель», под которой понимается программный модуль, выполняющий поиск решения определенным методом на основе заданных параметров модели принятия решений.

В рамках первой версии платформы реализовано несколько методов многокритериальной оптимизации, среди которых метод взвешенной свертки критериев, лексикографическая оптимизация и метод последовательных уступок. Первые два из перечисленных методов являются одношаговыми, третий – многошаговым [7].

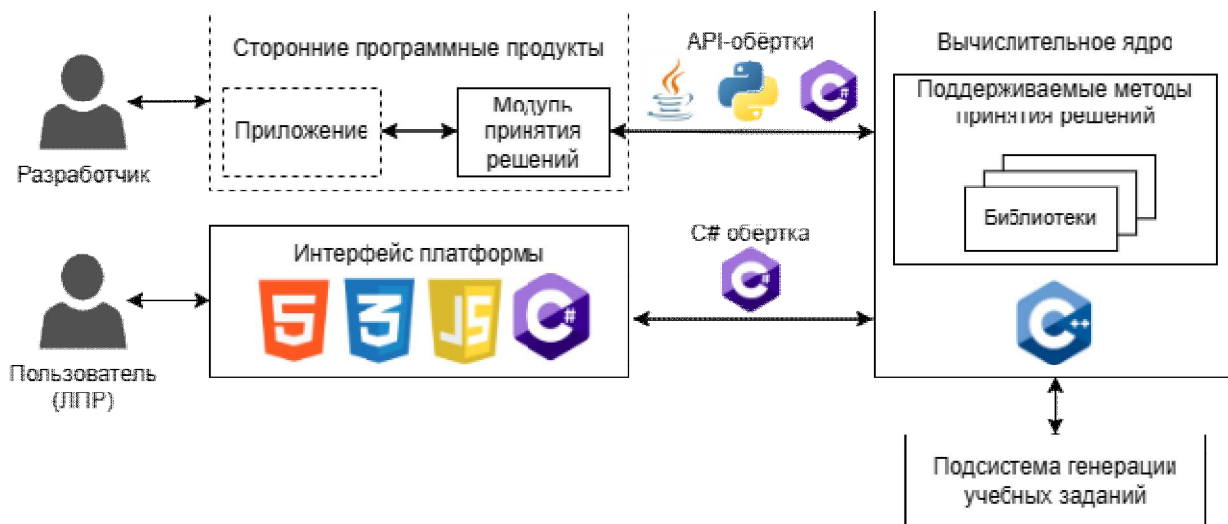


Рис. 1. Архитектура программной платформы оптимизации и принятия решений

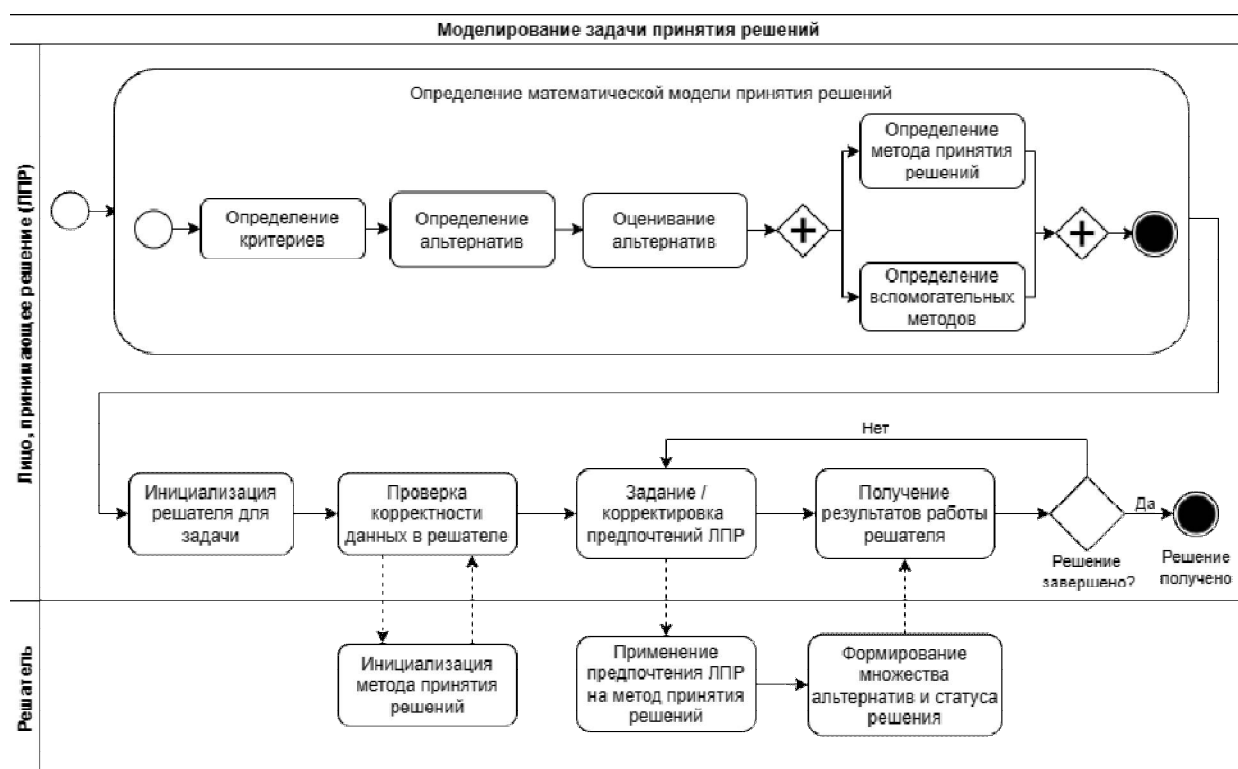


Рис. 2. Структура процесса поиска решений в задачах многокритериальной оптимизации

В рамках реализации была предусмотрена возможность применения различных методов принятия решений для одной и той же задачи. Однако, разные методы принятия решений используют различные виды информации о важности критериев [7]. Так, методы свертки критериев используют количественную информацию о важности, представленную в виде набора степеней относительной важности критериев; метод последовательных уступок – порядковую информацию в виде ранжирования критериев по убыванию приоритета; метод лексикографической оптимизации – информацию об абсолютном преосходстве по важности одного критерия над подмножеством других, которая называется лексикографической и также является порядковой. С учетом этого, был разработан набор алгоритмов интерактивного преобразования информации о важности критериев из одного вида в другой. При этом учи-

тывался тот факт, что платформа не должна «додумывать» недостающие связи, которые не были предусмотрены ЛПР на этапе задания предпочтений, а просто должна сообщить об ошибке с выдачей запроса о задании информации о важности в другом виде или дополнении существующей.

Рассмотрим наиболее сложный алгоритм из данного набора – алгоритм преобразования порядковой информации в количественную. В начале его работы анализируются все имеющиеся сообщения о важности критериев приводятся к виду  $a > b$  (« $a$  важнее  $b$ ») или  $a \sim b$  (« $a$  и  $b$  имеют равную важность»). Далее формируется очередь из критериев, которая должна включать все имеющиеся критерии. Пропуск некоторого критерия свидетельствует об ошибке в задании информации о важности и является поводом для обращения к ЛПР с запросом недостающей информации. На финальной стадии каждому критерию присваивается ранг, что позволяет получить искомые количественные оценки важности с использованием метода простого ранжирования. Таким образом, алгоритм предполагает построения и обход графа и, помимо прочего, защищает от ошибки ЛПР в виде задания замкнутой транзитивной цепочки предпочтений.

Рассмотрим работу алгоритма на следующем примере. В качестве исходных данных используется набор сообщений:  $b > d, f < e, e < d, a > e, c > f, a \sim b, c \sim a$ . Для данного набора в результате работы алгоритма построена очередь критериев, представленная в виде графа на рисунке 3.

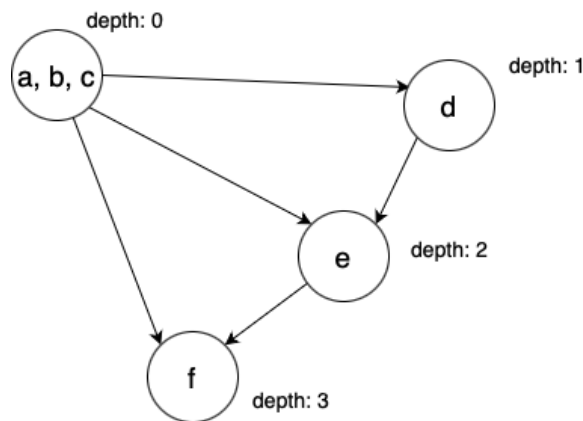


Рис. 3. Иллюстрация работы алгоритма преобразования информации о важности критериев

В результате прохода по графу алгоритм определяет значения его глубины. Поскольку в примере максимальная глубина не превосходит число рассматриваемых критериев, то в графе нет циклов, соответствующих замкнутым транзитивным цепочкам, а также это свидетельствует о связности графа. На основе полученных результатов критерии  $a, b$  и  $c$  получили ранг 2,  $d$  – ранг 4,  $e$  – ранг 5 и  $f$  – ранг 6, что соответствует ожидаемому результату.

Примеры, иллюстрирующие работу графического интерфейса платформы, представлены на рисунках 4-8.

## Математическая модель

Содержит критерии и альтернативы решаемой задачи. [Подробнее](#)

### Альтернативы

#	f1	f2	f3	f4	
1	220	50	52	8	
2	180	80	35	5	
3	240	60	47	10	
4	240	100	40	10	
5	200	50	50	8	
6	150	25	40	8	
7	180	60	50	8	

### Критерии

	max	+
f1	max	
f2	min	
f3	min	
f4	min	

Рис. 4. Пример задания математической модели задачи многокритериальной оптимизации

Приведен процесс решения одной задачи многокритериальной оптимизации различными методами. На рисунке 4 показан пример задания математической модели задачи в виде набора оценок альтернатив по критериям, а также направления предпочтений по каждому критерию. На рисунке 5 показан пример задания информации о важности критериев – в данном случае информация задается в порядковой форме.

## Информация о важности критериев

Определяет важность критериев. [Подробнее](#)

Порядковая информация

Заполните набор отношений критериев

f1	>	f1	+
f1 > f2			
f3 > f4			
f1 > f4			
f1 > f3			
f2 > f4			
f2 > f3			

Рис. 5. Пример задания порядковой информации о важности критериев

Результат поиска решения методом лексикографической оптимизации представлен на рисунке 6.

## Лексикографическая оптимизация

Результат поиска

Подробное решение

Метод выполняет поиск решения путем анализа альтернатив в порядке убывания важности критериев. По рассматриваемым критериям удаляются альтернативы, имеющие неоптимальные значения

Рассматриваемый критерий - f1. Поскольку критерий максимизируется величина граничного значения составляет 240.000000. Из математической модели удаляются альтернативы, имеющие меньшее значение

После удаления альтернатив математическая модель имеет вид

#	f1	f2	f3	f4
3	240	60	47	10
4	240	100	40	10

Рассматриваемый критерий - f2. Поскольку критерий минимизируется величина граничного значения составляет 60.000000. Из математической модели удаляются альтернативы, имеющие большее значение

После удаления альтернатив математическая модель имеет вид

#	f1	f2	f3	f4
3	240	60	47	10

**Результат: В результате выполнения метода оптимальной альтернативой является 3**

Рис. 6. Результат решения задачи методом лексикографической оптимизации

Отметим, что по выбору пользователя возможна подробная либо краткая форма выдачи результата – на рисунке показана подробная форма, когда выводится не только найденное решение, но и описываются промежуточные результаты его нахождения. На рисунке 7 представлен результат решения задачи методом взвешенной свертки критериев с использованием оператора аддитивной свертки. Для получения степеней относительной важности критериев был использован описанный выше алгоритм преобразования информации о важности критериев.

### Метод свертки критериев

Оператор свертки - Аддитивная свертка

Нормировщик - Минимаксный нормировщик

Результат поиска

Подробное решение

Метод выполняет поиск решения путем перехода от исходной многокритериальной задачи к однокритериальной с помощью операторов свертки. Также оператору свертки может потребоваться нормализация математической модели

Оператор свертки требует нормализации. В результате математическая модель выглядит так:

#	f1	f2	f3	f4
1	0,777778	0,666667	0	0,4
2	0,333333	0,266667	1	1
3	1	0,533333	0,294118	0
4	1	0	0,705882	0
5	0,555556	0,666667	0,117647	0,4
6	0	1	0,705882	0,4
7	0,333333	0,533333	0,117647	0,4

В результате выполнения свертки альтернативы имеют следующие веса

#	Вес
1	0,551111
2	0,513333
3	0,618824
4	0,541176
5	0,485752
6	0,481176
7	0,356863

Результат: В результате выполнения метода оптимальной альтернативой является 3

Рис. 7. Результат решения задачи методом свертки критериев

Наконец, рисунок 8 иллюстрирует решение задачи методом последовательных уступок. Как было отмечено, данный метод является многошаговым, и требует задания дополнительной информации о предпочтениях ЛПР в процессе решения задачи.

### Метод последовательных уступок

#### Решение:

Метод требует от ЛПР получение целого значения уступки на каждой итерации поиска решения.

#	f1	f2	f3	f4
1	220	50	52	8
2	180	80	35	5
3	240	60	47	10
4	240	100	40	10
5	200	50	50	8
6	150	25	40	8
7	180	60	50	8

Введите величину уступки для критерия f1. Критерий максимизируется

Из математической модели удаляются альтернативы, имеющие по заданному критерию значение, меньшее чем 200

#	f1	f2	f3	f4
1	220	50	52	8
3	240	60	47	10
4	240	100	40	10
5	200	50	50	8

Введите значение для уступки для критерия f2. Критерий минимизируется

Из математической модели удаляются альтернативы, имеющие по заданному критерию значение, превышающее 55

#	f1	f2	f3	f4
1	220	50	52	8
5	200	50	50	8

Введите значение для уступки для критерия f3. Критерий минимизируется

0

Рис. 8. Иллюстрация решения задачи методом последовательных уступок

Созданная первая версия программной платформы включает вычислительное ядро, API-обертку для языка программирования C# и графический интерфейс. Результаты разработки являются основой для дальнейшего развития и совершенствования платформы, как в направлении расширения спектра поддерживаемых моделей и методов принятия решений, так и для расширения интеграционных возможностей, в первую очередь за счет создания API-оберток для различных языков программирования, в первую очередь Python и Java.

### Библиографический список

- Петровский, А.Б. Теория принятия решений / А.Б. Петровский. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 400 с.
- Google OR-Tools [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developers.google.com/optimization>. – Дата обращения: 28.02.2024.
- Ax - Adaptive Experimentation Platform [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ax.dev>. – Дата обращения: 28.02.2024.
- Gambit: Software Tools for Game Theory [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gambit-project.org/gambit13/index.html>. – Дата обращения: 28.02.2024.
- Pagmo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://esa.github.io/pagmo2>. – Дата обращения: 28.02.2024.
- Pymoo: Multi-objective Optimization in Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pymoo.org>. – Дата обращения: 28.02.2024.
- Подиновский, В.В. Многокритериальные задачи принятия решений: теория и методы анализа / В.В. Подиновский. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 486 с.



УДК 519.81; ГРНТИ 28.29.03

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ ОРГАНИЗАЦИИ И ПОДГОТОВКИ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

**Е.В. Коптенок, Д.Д. Хадорич, О.Д. Шелепина**  
*Брянский государственный технический университет,  
Россия, Брянск, elizabeth-evans@yandex.ru*

*Аннотация.* Рассматриваются задачи принятия решений, возникающие в управлении процессом организации и подготовки массовых мероприятий. Предлагается структура конвейера, объединяющего набор взаимосвязанных задач принятия решений, характерных для планирования мероприятий культурно-досугового типа: планирование сценария мероприятия; распределение ролей, предусмотренных сценарием, между исполнителями; оптимизация маршрута доставки исполнителей к месту проведения мероприятия. Для перечисленных задач предлагаются модели принятия решений, и рассматриваются особенности их построения и применения.

*Ключевые слова:* массовые мероприятия, ивент-менеджмент, планирование, принятие решений, метод анализа иерархий, задача о назначениях.

## **MODELING OF DECISION-MAKING TASKS IN MANAGING PROCESS OF MASS EVENT ORGANIZATION AND PREPARATION**

**E.V. Koptenok, D.D. Khadorich, O.D. Shelepina**  
*Bryansk State Technical University,  
Russia, Bryansk, elizabeth-evans@yandex.ru*

*Abstract.* The decision-making tasks that arise during the management of the process of organizing and preparing mass events are considered. The structure of a decision-making pipeline is proposed, combining a set of interrelated decision-making tasks characteristic for planning events of cultural and leisure type. These tasks are: planning of the event scenario; distribution of the roles foreseen in the scenario among the performers; optimization of the delivery route of the performers to the event venue. Decision-making models are proposed for the mentioned tasks, and the specifics of their construction and application are discussed.

*Keywords:* mass events, event management, planning, decision-making, analytic hierarchy process, assignment problem

В настоящее время активно развивается управленческая технология, называемая ивент-менеджментом, ориентированная на управление процессом организации, подготовки и проведения массовых мероприятий различного уровня. В работе [1] анализируется содержание указанного процесса, и выделяются функции управления, реализуемые на различных его этапах. Одной из ключевых функций, реализуемых на этапе подготовки массового мероприятия, является его планирование, с учетом особенностей территориального, клиентского и целевого характера. В общем случае планирование мероприятия включает в себя множество задач, таких как разработка и согласование требований на основе пожеланий заказчика, оценка затрат, формирование программы мероприятия, выбор состава исполнителей и др. На рисунке 1 представлена обобщенная структура процесса подготовки массового мероприятия в нотации BPMN.

На всех этапах указанного процесса организаторам массового мероприятия приходится сталкиваться с необходимостью принятия управленческих решений. К числу задач принятия решений относятся: планирование сценария мероприятия, с обеспечением максимально возможной удовлетворенности заказчика, в условиях имеющегося бюджета и других возможных ограничений; выбор состава исполнителей для сформированного сценария, в условиях доступности тех или иных специалистов, их квалификации и опыта и с учетом оптимизации требуемых целевых показателей, в первую очередь затрат на проведение мероприятия; решение логистических вопросов и др. Поскольку массовые мероприятия в рамках каждого их типа имеют схожую структуру, то многие из перечисленных задач являются типовыми и могут решаться с применением математических моделей и методов принятия решений [2, 3].

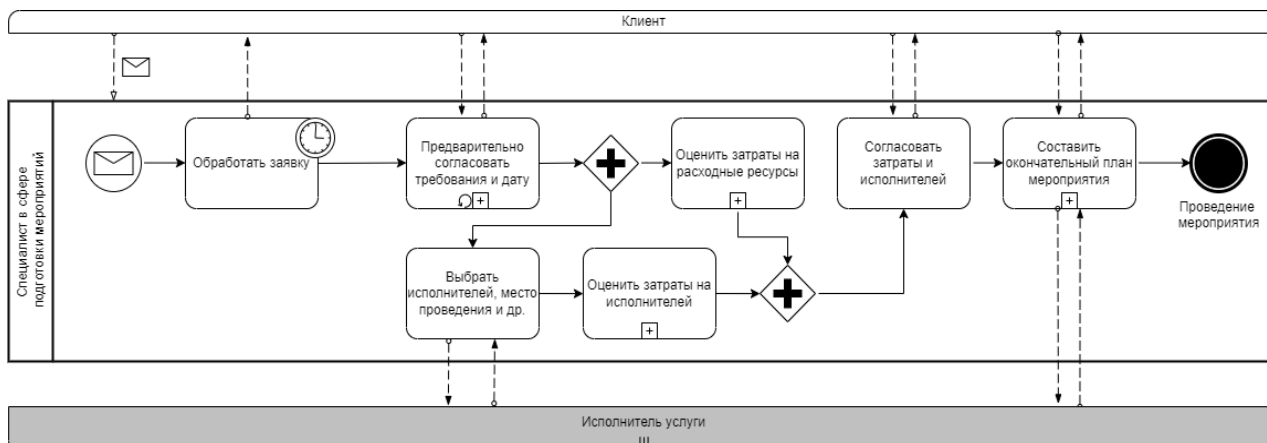


Рис. 1. Обобщенная структура процесса подготовки массового мероприятия

В настоящей статье рассматривается комплекс взаимосвязанных задач принятия решений, характерных для планирования мероприятий культурно-досугового типа, к которым, в частности, относятся различные приемы и праздники. К этим задачам относятся:

- 1) выбор сценария мероприятия с учетом пожеланий клиента (заказчика);
- 2) выбор состава исполнителей для различных ролей, предусматриваемых сценарием, оптимального с точки зрения минимизации затрат;
- 3) оптимизация маршрута доставки исполнителей к месту проведения мероприятия.

Перечисленные задачи объединены в общий конвейер принятия решений, модель которого представлена на рисунке 2 в виде диаграммы деятельности языка UML. Опишем кратко общие принципы построения конвейера.

Процесс планирования мероприятия начинается со сбора требований клиента, который, как правило, осуществляется в форме диалога между представителями клиента и организатором мероприятия. Получаемая информация может служить основой для построения модели выбора сценария и оценки ее параметров. Помимо информации, получаемой от клиента, здесь может использоваться имеющийся у организатора опыт проведения аналогичных мероприятий, в том числе набор типовых сценариев.

После согласования сценария становится ясен ориентировочный состав ролей исполнителей, требуемых для реализации сценария. В качестве исходной информации здесь выступают сведения о квалификации и рейтинге конкретных специалистов, а также их доступность и затраты на привлечение к исполнению той или иной роли. Распределение может выполняться на основе решения задачи минимизации суммарных затрат, при этом могут вводиться дополнительные ограничения, связанные например, с требованиями к минимальному рейтингу исполнителей, персональному привлечению конкретных исполнителей и др.

Далее возможно решение логистических вопросов, например, оптимизация маршрута доставки исполнителей к месту проведения мероприятия. Данная задача может оказаться актуальной в тех случаях, когда мероприятие является выездным (например, свадьба с выездной регистрацией брака в загородном пансионате), и требуется централизованная доставка исполнителей к месту его проведения. В рамках решения этой задачи, как правило, требуется построить оптимальный маршрут сбора исполнителей с последующей их доставкой к месту назначения. Исходными здесь являются данные о местоположении пунктов нахождения исполнителей и пункта проведения мероприятия, а также о времени переезда между этими пунктами.

Рассмотрим принципы построения моделей принятия решений для каждой из перечисленных задач.

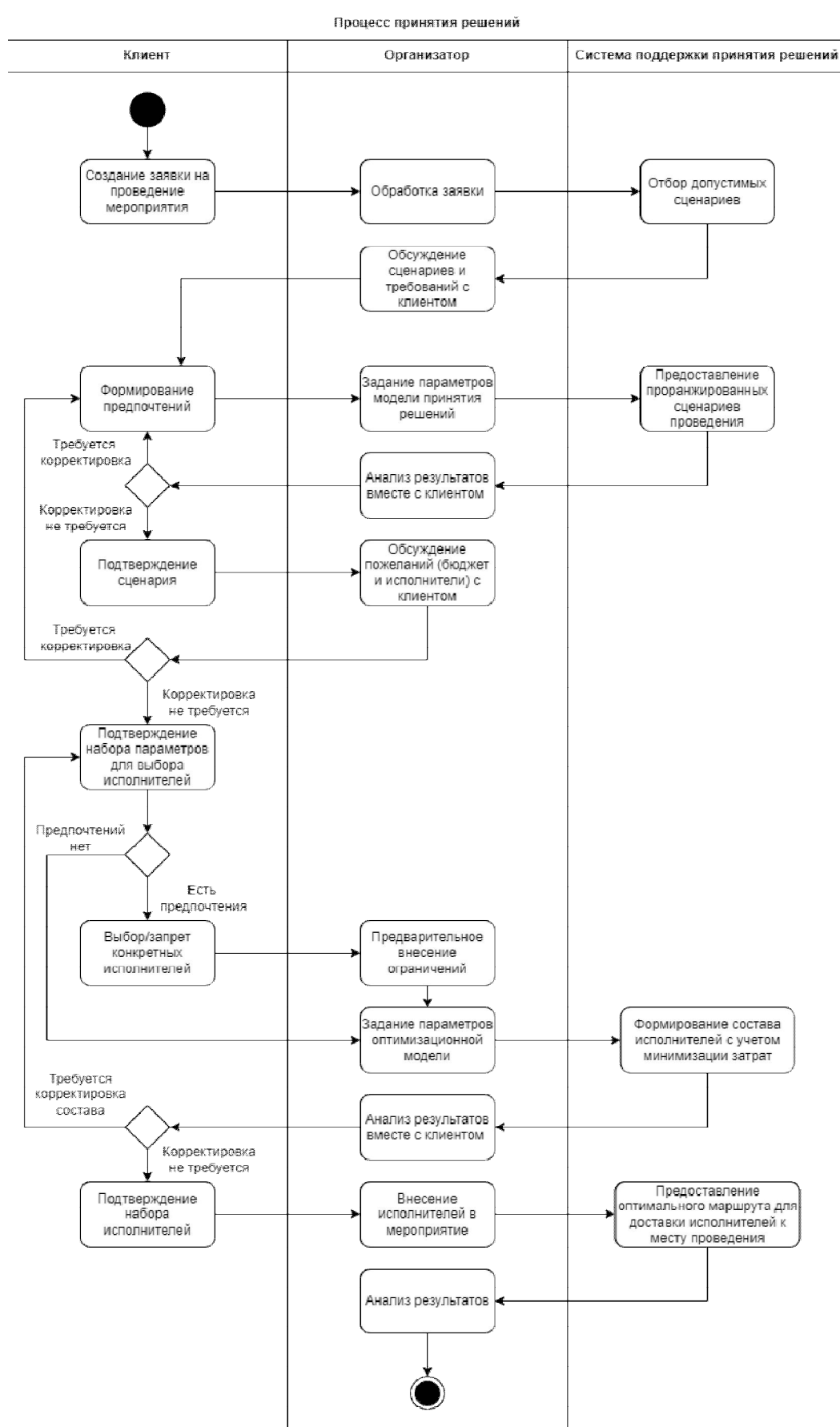


Рис. 2. Модель конвейера принятия решений, представленная в виде диаграммы деятельности

### Модель выбора сценария мероприятия

Задача выбора сценария мероприятия относится к числу слабо формализованных, поскольку, как отмечалось ранее, в ней используется информация преимущественно качественного характера, получение которой происходит в форме диалога с лицом, принимающим решение (ЛПР), в роли которого выступает клиент. В общем виде модель задачи может быть представлена следующим образом:

$$\langle T, P, S, A; H, S^* \rangle. \quad (1)$$

К входным данным модели (1) относятся:

$T$  – тип мероприятия (свадьба, день рождения и др.);

$P$  – предпочтения клиента, подлежащие выявлению и формализации;

$S$  – множество типовых сценариев, имеющихся в распоряжении организатора, где каждый сценарий предполагает задействование определенного набора ролей и состава исполнителей. Например, свадьба подразумевает участие представителя ЗАГС (в случае выездной церемонии регистрации брака), также в подобном мероприятии едва ли можно обойтись без повара, тамады и т.п.;

$A$  – процедура, включающая в себя методы и алгоритмы выявления и формализации предпочтений клиента и выбора наиболее предпочтительного сценария.

Выходными данными модели (1) являются:

$H$  – формализованная структура предпочтений клиента;

$S^*$  – наиболее предпочтительный сценарий, выбранный на основе структуры предпочтений  $H$  с помощью процедуры  $A$ .

В качестве основы для реализации процедуры  $A$  предлагается использование метода анализа иерархий (МАИ) [4]. С учетом этого, структура предпочтений клиента  $H$  будет представлена в виде иерархии:

$$H = L_0 \cup L_1 \cup \dots \cup L_N,$$

где  $L_j (j = 0, 1, \dots, N)$  – уровни иерархии.

В соответствии с подходом, используемым в рамках МАИ, на уровне  $L_0$  находится главная цель, которая в общем случае может быть сформулирована как «Наиболее предпочтительный сценарий», а каждый следующий уровень отражает некоторую форму детализации элементов предыдущего уровня. Нижний уровень иерархии  $L_N$  содержит подмножество сценариев, отобранных организатором из множества  $S$  в ходе выявления и анализа предпочтений клиента, с учетом типа мероприятия  $T$ . Эти сценарии выступают в роли альтернатив, из которых будет выбираться наиболее предпочтительная.

Пример иерархии для выбора сценария детского дня рождения представлен на рисунке 3. В фокусе иерархии находится главная цель, которая детализируется обобщенными критериями: длительность, нагрузка на взрослого, затратность. На следующем уровне находятся показатели, которые, с одной стороны, являются детализацией обобщенных критериев, а с другой стороны, доступны для непосредственной оценки по ним сценариев (активность, наличие ведущего, выездной характер и потребность в еде). На нижнем уровне иерархии находятся альтернативы, которые представляют собой типовые сценарии мероприятий. В данном примере такими альтернативами являются: лазертаг и шашлык, детская комната с аниматором и аквагримером и др.

Для оценки локальных приоритетов подчиненных элементов иерархии относительно родительских (например, частных критериев относительно обобщенных или альтернатив относительно частных критериев) в простейшем случае можно использовать принятый в рам-

как МАИ метод парных сравнений, а для вычисления итоговых (глобальных) приоритетов альтернатив относительно главной цели – метод иерархического синтеза, состоящий в перемножении матриц локальных приоритетов [4]. В таблице 1 приведен пример заполнения и результаты обработки матрицы парных сравнений для оценки локальных приоритетов показателей, детализирующих обобщенный критерий «Длительность».

Для каждого сценария существует ассоциированный с ним список ролей, которые далее требуется распределить по исполнителям.

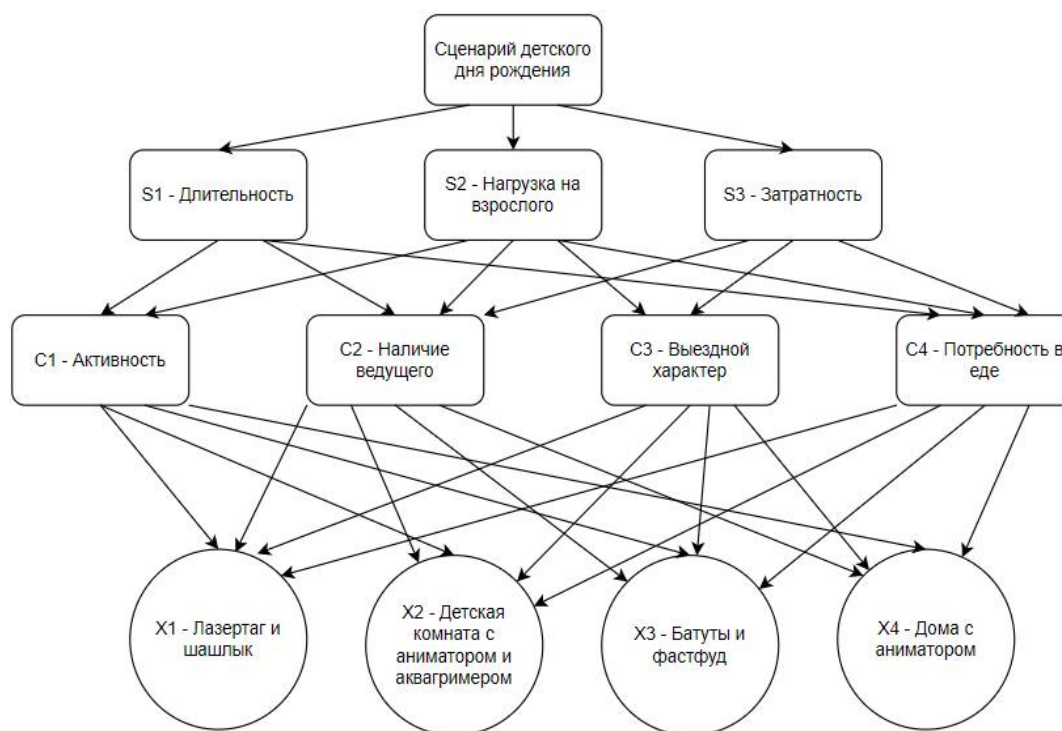


Рис. 3. Пример иерархии для выбора сценария детского дня рождения

Таблица 1. Пример заполнения и обработки матрицы парных сравнений

Какой из показателей оказывает наибольшее влияние на критерий «Длительность»?				
	C1	C2	C4	W
C1	1	7	3	0.669
C2	1/7	1	1/3	0.088
C4	1/3	3	1	0.243

### Модель распределения ролей между исполнителями

Введем следующие обозначения:

$R = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$  – набор ролей, требуемых для обеспечения выбранного сценария мероприятия;

$Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$  – набор исполнителей, доступных в период проведения мероприятия и способных выполнять роли из множества  $R$ ;

$c_{ij}$  ( $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ ) – затраты на выполнение  $i$ -й роли  $j$ -м исполнителем.

Задача состоит в выборе такого распределения ролей между исполнителями, которое бы обеспечило наименьшие затраты на проведение мероприятия, и ее математическая модель может быть представлена в виде задачи о назначениях [3].

Обозначим переменные задачи через  $x_{ij}$ , где  $x_{ij} = 1$ , если на  $i$ -ю роль назначается  $j$ -й исполнитель  $x_{ij} = 0$ , и в ином случае ( $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ ).

С учетом введенных обозначений, целевая функция задачи имеет вид:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min ,$$

при этом предполагается, что если  $j$ -й исполнитель не может выполнять  $i$ -ю роль в силу отсутствия соответствующего опыта и/или компетенций, то значение  $c_{ij}$  выбирается равным числу, на 1-2 порядка превосходящему по величине значения других целевых коэффициентов (соответствующее назначение называется запрещенным).

В рамках классической задачи о назначениях предполагается, что  $m = n$  (число исполнителей и ролей совпадают), и рассматриваются три группы ограничений: единственная роль, назначаемая каждому исполнителю; единственный исполнитель для каждой роли; неотрицательность переменных.

В общем случае число ролей может не совпадать с числом исполнителей – в таком случае применяются различные модификации, например, если число исполнителей превышает число ролей, то вводятся фиктивные роли. Кроме того, исполнитель может иметь множественную специализацию и совмещать выполнение нескольких ролей. В таблице 2 представлен список ролей, необходимых для реализации сценария «Детская комната с аниматором и аквагримером», с указанием затрат на их выполнение разными исполнителями. В таблице 3 представлены результаты оптимизации для данной задачи, предварительно приведенной к сбалансированному виду. В частности, из таблицы 3 видно, что в соответствии с найденным оптимальным распределением, Исполнитель 4 не участвует в реализации сценария.

Таблица 2. Роли и исполнители для сценария «Детская комната с аниматором и аквагримером»

	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 4	Исп. 5	Исп. 6	Исп. 7	Исп. 8
Аниматор	1300	1500	$\infty$	$\infty$	2000	$\infty$	$\infty$	$\infty$
Ассистент аниматора	700	900	1000	$\infty$	1200	$\infty$	$\infty$	700
Водитель	1500	2200	$\infty$	1700	$\infty$	$\infty$	1650	$\infty$
Повар	$\infty$	$\infty$	3500	5000	$\infty$	3000	4000	3700
Официант	500	500	700	1000	450	500	600	600
Аквагример	1000	2400	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
Диджей	600	700	600	$\infty$	700	500	$\infty$	450

Таблица 3. Результаты оптимизации после приведения задачи к сбалансированному виду

	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 4	Исп. 5	Исп. 6	Исп. 7	Исп. 8
Аниматор	0	1	0	0	0	0	0	0
Ассистент аниматора	0	0	0	0	0	0	0	1
Водитель	0	0	0	0	0	0	1	0
Повар	0	0	0	0	0	1	0	0
Официант	0	0	0	0	1	0	0	0
Аквагример	1	0	0	0	0	0	0	0
Диджей	0	0	1	0	0	0	0	0
Фиктивная роль (не участвует)	0	0	0	1	0	0	0	0

### Модель оптимизации маршрута доставки исполнителей к месту проведения мероприятия

Пусть число пунктов, откуда требуется забрать участников мероприятия, равно  $n$ , а сами пункты пронумерованы целыми числами от 1 до  $n$  (порядок нумерации не важен). К данному множеству пунктов необходимо добавить еще 2 пункта: начальный пункт с номером 0, из которого начинает свой маршрут транспортное средство, осуществляющее доставку, и пункт назначения с номером  $n + 1$ , в который необходимо доставить всех участников, т.е. место проведения мероприятия.

С учетом этого, можно рассмотреть транспортную задачу [3], в которой роль источников будут играть пункты  $0, 1, \dots, n$ , а роль стоков – пункты  $1, \dots, n, n + 1$ .

Обозначим переменные задачи через  $x_{ij}$ , где  $x_{ij} = 1$ , если в рамках маршрута осуществляется прямой переезд из пункта  $i$  в пункт  $j$ ,  $x_{ij} = 0$  в ином случае.

Коэффициенты  $a_{ij}$  целевой функции отражают затраты (например, затраты времени) на прямой переезд из  $i$ -го пункта в  $j$ -й. Отметим, что в общем случае  $a_{ij} \neq a_{ji}$ , поскольку затраты на проезд по одному и тому же маршруту в противоположных направлениях в общем случае могут различаться (например, ввиду наличия участков с односторонним движением). Также для исключения петель в маршрутном графе маршруты из пункта  $i$  «в самого себя» должны быть запрещены, что соответствует заданию больших значений коэффициентов  $a_{ij}$ .

Вводятся следующие ограничения: однократный въезд в каждый пункт-сток, однократный выезд из каждого пункта-источника, неотрицательность переменных. Таким образом, как и в предыдущем случае, получаемая оптимизационная модель по своей структуре соответствует задаче о назначениях.

В таблице 4 приведен пример набора данных о затратах на транспортировку исполнителей для рассмотренного выше сценария «Детская комната с аниматором и аквагримером». Строки таблицы соответствуют источникам, столбцы – стокам, при этом номер 0 соответствует пункту отправления транспортного средства, номер 9 – пункту назначения, а остальные номера пунктов соответствуют находящимся в них исполнителям (в частности, учтено, что исполнитель 4 к реализации сценария не привлекается). В ячейках таблицы указано время (в минутах) проезд из пункта в пункт. Фоном выделены ячейки, составляющие оптимальный маршрут, полученный в результате решения задачи.

Таблица 4. Исходные данные и результаты оптимизации для задачи доставки исполнителей к месту проведения мероприятия

	1	2	3	5	6	7	8	9
0	10	20	25	32	31	26	17	19
1	$\infty$	7	12	21	11	14	20	18
2	22	$\infty$	7	6	19	$\infty$	13	29
3	31	19	$\infty$	17	$\infty$	22	10	45
5	$\infty$	19	5	$\infty$	11	7	21	$\infty$
6	15	21	110	12	$\infty$	17	$\infty$	12
7	10	$\infty$	18	12	9	$\infty$	13	21
8	14	18	16	$\infty$	19	13	$\infty$	$\infty$

Таким образом, задачам, возникающим на этапе планирования массовых мероприятий, могут быть поставлены в соответствие различные модели принятия решений, применение которых может способствовать снижению затрат на проведение мероприятий, а также повышению доверия к организатору со стороны клиентов. Внедрение средств оптимизации и принятия решений в системы программной поддержки проведения массовых мероприятий

будет также способствовать созданию базы прототипов сценариев различных мероприятий и в целом накоплению опыта решения задач планирования.

Отметим также, что в статье рассмотрены задачи принятия решений только для этапа планирования массовых мероприятий. Вместе с тем, интерес представляют и другие этапы [1], такие как прогнозирование потребности в проведении мероприятий, контроль графика подготовки и проведения мероприятий и т.д. Вопросы поддержки принятия решений на указанных этапах также представляют собой актуальные направления исследований.

### **Библиографический список**

1. Любарская, М.А. Повышение эффективности сферы ивент-менеджмента на основе методов поддержки принятия управленческих решений / М.А. Любарская, К.О. Кандеев // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление, 2020, № 1 (49). – С. 148-155.
2. Петровский, А.Б. Теория принятия решений / А.Б. Петровский. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 400 с.
3. Таха, Х.А. Исследование операций. Пер. с англ. / Х.А. Таха. – 10-е изд. М.: Диалектика, 2019. – 1056 с.
4. Саати, Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. / Т.Л. Саати. – М.: URSS, 2021. – 360 с.



## СЕКЦИЯ «ЭВМ И СИСТЕМЫ»

УДК 621.396; ГРНТИ 47.47

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ В БАЗАХ ДАННЫХ: HIBERNATE VS JDBC

И.С. Лазарев, Д.А. Амелина, С.С. Сенькин

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, 189155996021@gmail.com, d.ameliina@yandex.ru, sergey.senkin@inbox.ru

*Аннотация.* В данной статье проводится сравнительный анализ двух широко используемых технологий в области работы с базами данных в Java-приложениях: Hibernate и JDBC. Цель исследования заключается в определении преимуществ и недостатков каждого из этих методов, а также в выявлении сценариев использования, при которых один метод может оказаться более предпочтительным по сравнению с другим. В ходе анализа рассматриваются такие параметры, как производительность, удобство использования, поддержка ORM (Object-Relational Mapping), а также расширяемость и поддержка современных требований разработки.

*Ключевые слова:* базы данных, Java, Hibernate, JDBC, объектно-реляционное отображение (ORM).

### COMPARATIVE ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR DATA PROCESSING AND STORING IN DATABASES: HIBERNATE VS JDBC

I.S. Lazarev, D.A. Amelina, S.S. Senkin

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, 189155996021@gmail.com, d.ameliina@yandex.ru, sergey.senkin@inbox.ru

*The summary.* This article provides a comparative analysis of two widely used technologies in the field of working with databases in Java applications: Hibernate and JDBC. The purpose of the study is to determine the advantages and disadvantages of each of these methods, and to identify use cases in which one method may be preferable to another. The analysis examines parameters such as performance, usability, ORM (Object-Relational Mapping) support, as well as extensibility and support for modern development requirements.

*Keywords:* Java, Hibernate, JDBC, Object Relational Mapping (ORM).

В мире разработки программного обеспечения базы данных играют ключевую роль, и выбор правильной технологии для их обработки и хранения данных важен для успешной работы приложений. Hibernate и JDBC представляют собой два основных подхода к взаимодействию с базами данных в языке программирования Java [1]. Hibernate предлагает объектно-реляционное отображение (ORM), в то время как JDBC предоставляет более прямой доступ к базе данных.

#### **Hibernate**

Hibernate является популярной и легкой платформой Java с открытым исходным кодом, сфокусированной на объектно-реляционном отображении (ORM) в среде Java. Основное предназначение Hibernate заключается в упрощении процесса разработки Java-приложений. Крупные компании, такие как IBM и Dell, успешно используют Hibernate в своих веб-приложениях, благодаря его опыту в реализации Java Persistence API (JPA) для эффективного сохранения данных.

Эта Java-платформа предоставляет высокий уровень абстракции, позволяя разработчикам профессионально реализовывать внутренние механизмы, включая создание запросов для CRUD-операций, установление соединений с базами данных и другие аспекты. Одним из ключевых преимуществ Hibernate является способность преодолевать зависимости от конкретной базы данных, что отличает его от JDBC. Более того, Hibernate не требует от разработчика реализации интерфейсов API или расширения классов API, так как классы разработ-

ки приложений в Hibernate остаются слабо связанными. Эта платформа способна взаимодействовать с несколькими технологиями одновременно, а также может функционировать независимо от других технологий.

### Основные характеристики Hibernate

1. Открытый исходный код и легкий вес. Hibernate выделяется своей открытой структурой и минимальным весом, что обеспечивает доступ к исходному коду и легкость внедрения в различные проекты.
2. Упрощенная обработка данных с минимальным кодированием. Этот инструмент позволяет легко и эффективно управлять данными с использованием минимального объема кода, что способствует более простой и понятной разработке.
3. Высокая производительность и переносимость. Hibernate обеспечивает высокую производительность и легкость переноса между различными средами благодаря своей оптимизированной архитектуре.
4. Автоматическое создание таблиц. Важной функциональностью является возможность Hibernate автоматически создавать таблицы в базе данных, что сокращает необходимость вручную создавать схемы.
5. Предоставление статистики запросов и состояния базы данных. Hibernate оснащен возможностью предоставлять разнообразную статистику по запросам и текущему состоянию базы данных, что обеспечивает более глубокое понимание происходящих процессов.

### JDBC

Java Database Connectivity (JDBC) представляет собой средство подключения к базам данных в языке программирования Java. Это открытое API прикладного программирования, созданное в качестве альтернативы API ODBC (Open Database Connectivity) на основе языка C. Основная задача JDBC заключается в предоставлении надежного моста между Java и разнообразными базами данных. Суть его функциональности заключается в создании связи, через которую разработчики могут передавать данные из кода на Java, сохранять их в базе данных и использовать при необходимости.

JDBC, в настоящее время широко используемый и распространенный API, был одним из первых компонентов, предназначенных для уровня персистентности Java. Изначально он был разработан как клиентский API для облегчения взаимодействия Java-клиента с источниками данных. Затем появилась версия JDBC 2.0, включающая дополнительный пакет, обеспечивающий поддержку соединений JDBC на стороне сервера. С тех пор JDBC постоянно обновлялся, включая улучшения как в клиентском (java.sql), так и в серверном (javax.sql) пакетах.

### Ключевые особенности JDBC

1. Превосходная мобильность. JDBC обеспечивает высокую переносимость, что означает, что код, написанный с использованием JDBC, может быть легко перенесен и использован в различных окружениях.
2. Доступ к любому запросу из базы данных. JDBC предоставляет возможность отправки запросов к базе данных и получения данных с использованием стандартных SQL-запросов.
3. Совместимость с приложениями Java. JDBC интегрируется с различными видами Java-приложений, включая апплеты, сервлеты, страницы сервера Java (JSP) и корпоративные JavaBeans (EJB).

4. Поддержка расширенных типов данных. JDBC позволяет работать с различными расширенными типами данных, такими как BLOB (Binary Large Object), CLOB (Character Large Object) и другими.
5. Пакетное обновление базы данных. Отправка нескольких обновлений в базу данных (пакетное обновление) реализуется в JDBC с высокой степенью удобства, обеспечивая эффективную обработку большого объема данных.

### **Производительность**

Результаты исследований выявили, что производительность Hibernate и JDBC тесно зависит от конкретных сценариев использования. В ситуациях, где высокая производительность и полный контроль над SQL-запросами являются первостепенными задачами, JDBC может представляться более эффективным вариантом. Это обусловлено тем, что JDBC предоставляет прямой доступ к базе данных без дополнительного уровня абстракции, что особенно важно при выполнении сложных и оптимизированных запросов.

Hibernate, ориентированный на работу с объектами и ORM, может несколько отставать в производительности в сравнении с JDBC, его преимущества проявляются в сценариях, где упрощение взаимодействия с базой данных и использование объектно-реляционного отображения (ORM) оцениваются выше. Hibernate может предоставить высокий уровень абстракции, сокращая необходимость вручную писать SQL-запросы, что упрощает разработку и поддержку кода.

### **Удобство использования**

Hibernate, будучи ORM-фреймворком, предоставляет значительное удобство при работе с базой данных на уровне объектов. Это делает код более читаемым, понятным и легко поддерживаемым. Разработчики, стремящиеся к уровню абстракции, который скрывает детали взаимодействия с базой данных, найдут в Hibernate инструмент для более интуитивной разработки.

Однако, для опытных разработчиков, предпочитающих более прямой и детализированный контроль над запросами, JDBC может быть более гибким и управляемым вариантом. Это особенно ценно в тех случаях, когда требуется точное определение и настройка SQL-запросов для достижения оптимальной производительности.

### **Расширяемость и поддержка современных требований**

Hibernate предлагает мощные инструменты для работы с современными технологиями, такими как кэширование второго уровня, поддержка многозадачности и встроенная поддержка транзакций. Эти возможности делают Hibernate привлекательным выбором для разработки приложений, ориентированных на высокую производительность и использование современных подходов. С другой стороны, JDBC, как более прямой метод, легко адаптируется к новым технологиям и требованиям. Его гибкость позволяет интегрировать последние технологические инновации без необходимости ожидания обновлений фреймворка.

### **Анализ**

Инструменты Hibernate [2-3] и JDBC [4-5] предназначены для облегчения доступа к реляционным таблицам с использованием кода Java. Hibernate — более эффективный и объектно-ориентированный подход к доступу к базе данных. Однако, если говорить об общей производительности, он отстаёт от JDBC. Выбор между данными инструментами зависит от конкретных требований проекта.

Ниже представлен сравнительный анализ инструментов JDBC и Hibernate (таблица 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ инструментов JDBC и Hibernate

JDBC	Hibernate
JDBC позволяет разработчикам создавать запросы и обновлять данные в реляционной базе данных с использованием языка структурированных запросов (SQL).	Hibernate сопоставляет данные объектной модели со схемой самой базы данных с помощью аннотаций.
JDBC	Hibernate
Код JDBC должен быть написан в блоке базы данных try-catch, поскольку он генерирует проверяемые исключения (SQLException).	Hibernate использует HQL (язык запросов Hibernate), который похож на SQL, но понимает объектно-ориентированные концепции, такие как наследование, ассоциация и т.д.
JDBC зависит от базы данных, т. е. нужно писать разные коды для разных баз данных.	Тогда как Hibernate сам управляет исключениями, помечая их как непроверенные.
Создавать ассоциации между отношениями в JDBC довольно сложно.	Ассоциации типа "один-к-одному", "один-ко-многим", "многие-к-одному" и "многие-ко-многим" можно легко получить с помощью аннотаций.
Это инструмент подключения к базе данных.	Это фреймворк Java.
Отложенная загрузка не поддерживается.	Поддерживается отложенная загрузка.
У него более низкая производительность, чем у Hibernate.	Он обладает высокой производительностью.
Необходимо явно поддерживать подключения к базе данных и транзакции.	Он сам управляет своими собственными транзакциями.
В нем есть специальная система поддержки клиентов.	Время ожидания ответа на любой вопрос больше.

### Заключение

В конечном итоге, выбор между Hibernate и JDBC зависит от уникальных требований конкретного проекта и предпочтений разработчиков. Hibernate предоставляет высокий уровень абстракции и удобства, что ценится в сценариях использования, где объектно-реляционное отображение (ORM) приносит больше пользы. С другой стороны, JDBC подходит для тех, кто ценит более прямой и гибкий доступ к базе данных, особенно в случаях, когда производительность играет ключевую роль. В итоге оптимальное решение определится конкретными потребностями проекта и предпочтениями разработчиков.

### Библиографический список

1. Блинов И.Н., Романчик В.С., Java from EPAM: учеб.-метод. пособие — Минск : Четыре четверти, 2020. — 560 с.
2. Руководство по Hibernate. Введение [Электронный ресурс]: URL: <https://proselyte.net/tutorials/hibernate-tutorial/introduction/> (дата обращения 27.02.2024)
3. Документация разработчика Hibernate – Глава I. Доступ к базе данных [Электронный ресурс]: URL: <https://habr.com/ru/articles/301384/> (дата обращения 27.02.2024)
4. JDBC средства для работы с хранилищем данных [Электронный ресурс]: URL: <https://javarush.com/groups/posts/2172-jdbc-ili-s-chego-vsje-nachinaetsja> (дата обращения 27.02.2024)
5. Руководство по JDBC. Введение [Электронный ресурс]: URL: <https://proselyte.net/tutorials/jdbc/introduction/> (дата обращения 27.02.2024).

УДК 004.056; ГРНТИ 81.93.29

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА ПО КАНАЛУ ПОБОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ, ФОРМИРУЕМОГО ПРИ РАБОТЕ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

**М.С. Никифоров, Б.В. Костров**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, nikiforov.m.s@grpz.ru*

*Аннотация.* В рамках данной работы рассматриваются параметры сигнала по каналу побочных электромагнитных излучений (ПЭМИ), формируемого при работе средств вычислительной техники. Рассматриваются основные параметры, которые необходимо учитывать при построении тестовых сигналов при проведении исследований по каналу ПЭМИ от средств вычислительной техники объектов информатизации. Проведено исследование проявления сигнала по каналу ПЭМИ от видеоинтерфейсов средств вычислительной техники.

*Ключевые слова:* побочные электромагнитные излучения, ПЭМИ, средство вычислительной техники тестовые сигналы, защита информации, информативный сигнал, объект информатизации, параметры сигналов ПЭМИ.

## **STUDY OF SIGNAL PARAMETERS THROUGH THE CHANNEL OF SPURIOUS ELECTROMAGNETIC RADIATIONS FORMED DURING THE OPERATION OF COMPUTER EQUIPMENT**

**M.S. Nikiforov, B.V. Kostrov**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, nikiforov.m.s@grpz.ru*

*The summary.* Within the framework of this work, we consider the parameters of the signal through the channel of spurious electromagnetic radiation (TEMPEST), generated during the operation of computer equipment. The main parameters that must be taken into account when constructing test signals when conducting research via the TEMPEST channel from computer equipment are considered objects of informatization. A study was carried out of the manifestation of the signal via the TEMPEST channel from video interfaces of computer equipment.

*Keywords:* side electromagnetic radiation, TEMPEST, computer equipment, test signals, information protection, informative signal, object of informatization, parameters of TEMPEST signals.

### **Введение**

Современное развитие общества связано с всесторонним распространением средств вычислительной техники (далее - СВТ), в частности, персональных электронно-вычислительных машин (далее - ПЭВМ). Достижения, связанные с развитием ПЭВМ, увеличением производительности, возможностями передачи, хранения и обработки информации, становятся одной из основных причин возникновения технических каналов утечки информации (далее - ТКУИ).

В качестве источника возникновения ТКУИ выступают физические преобразователи. Любой электронный элемент при определенных условиях может стать источником образования технического канала утечки информации.

Наиболее опасным с точки зрения утечки информации в информационных системах является побочное электромагнитное излучение (ПЭМИ), которое создается техническими средствами, в частности, ПЭВМ и их линиях связи.

Побочные электромагнитные излучения (ПЭМИ) - это паразитные электромагнитные излучения радиодиапазона, создаваемые в окружающем пространстве устройствами, специальным образом для этого не предназначенными.

### Сигналы, возникающие при работе СВТ

Источником побочного электромагнитного излучения (ПЭМИ), потенциально являющимся каналом утечки информативного сигнала, в электронных устройствах являются проводники с протекающим по ним током. Из-за формы и топологии проводников, они могут становиться случайными антеннами, распространяющими электромагнитное излучение (ЭМИ) в пространство [1–3]. На распространение ЭМИ оказывает влияние техническое исполнение электронного устройства. В связи с этим актуальным становится вопрос контроля защищённости информации от утечки за счёт ПЭМИ и оценки уровней информативных сигналов СВТ в тестовых режимах работы, которые должны обеспечивать полноту исследований СВТ во всех режимах обработки информации. Согласно [4] тестовый сигнал должен быть непрерывным, иметь периодическую структуру и обладать максимально возможными частотой повторения и уровнем излучения. Этим требованиям наилучшим образом соответствует непрерывный тестовый сигнал вида «меандр», представленный на рисунке 1, создание которого практически не реализуемо для современных интерфейсов СВТ таких, как DVI, Fast Ethernet и др.

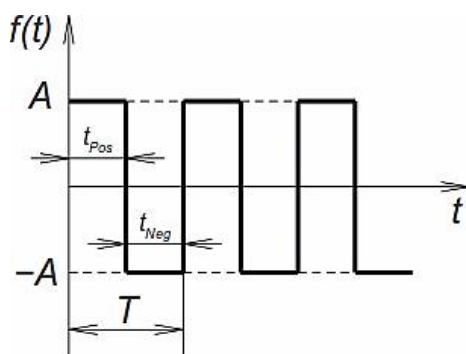


Рис. 1. Тестовый сигнал вида «меандр»

На графике:

$t$  – время;

$f(t)$  – функция меандра;

$A$  – амплитуда меандра;

$T$  – период меандра;

$t_{Pos}$  – длительность положительного импульса (длительность импульса);

$t_{Neg}$  – длительность отрицательного импульса (длительность паузы);

У сигнала вида «меандр» длительности импульсов равны:

$$t_{Pos} = t_{Neg}$$

Функцию меандра можно представить в виде ряда:

$$f(t) = A \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin((2n-1)2\pi ft)}{2n-1}$$

где:

$2n-1 = h$  – номергармоники;

$f = \frac{1}{T}$  – частота меандра.

В связи с тем, что актуальность некоторых подходов к формированию тестовых сигналов утрачена, возникает вопрос, каким же должен быть тестовый сигнал для проведения исследований СВТ в качестве источника информативных сигналов ПЭМИ объекта информа-

тизации (далее - ОИ). Для ответа на этот вопрос проведем анализ возможных режимов функционирования СВТ, обобщенно представляющих собой ПЭВМ, предназначенную для подготовки, сбора, ввода, накопления, обработки, вывода, отображения, приема и передачи информации. Типовой объект информатизации представляем собой компьютер с периферийным оборудованием (принтером, сканером, многофункциональным устройством и т.п.). Для рассматриваемого типового ОИ наиболее характерны следующие режимы обработки информации:

- вывод информации на экран монитора (VGA, DVI, HDMI и т.п.);
- набор текста с клавиатуры (USB или PS/2);
- запись/считывание информации на жесткий магнитный или твердотельный диск (HDD или SSD);
- запись/считывание информации на оптические носители (CD или DVD);
- обмен информации по интерфейсу USB с Flash-накопителями, принтерами, сканерами, МФУ и т.п.;
- обмен информацией по сети передачи данных (Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet);
- печать информации на принтере;
- сканирование информации.

### Параметры сигналов ПЭМИ СВТ объектов информатизации

Как правило, в качестве источника информативных сигналов ПЭМИ СВТ объекта информатизации рассматривается совокупность информационных трактов СВТ [5]. Конфигурация и состав информационного тракта определяется режимом работы СВТ.

Ключевыми элементами, образующими информативные сигналы ПЭМИ являются: формирователь сигналов, устройство кодирования сигналов, случайная излучающая антенна и сигналы ПЭМИ. Основные этапы образования сигнала ПЭМИ СВТ приведены на рисунке 2.

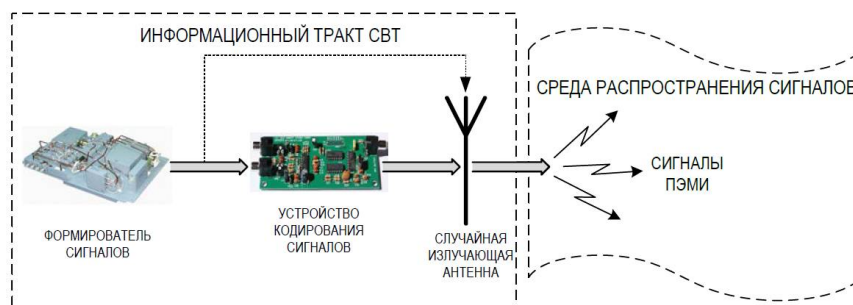


Рис. 2. Схема распространения сигнала ПЭМИ от СВТ

Электрический сигнал, лежащий в основе создания ПЭМИ, образованный на выходе формирователя сигналов, имеет следующие параметры:

- амплитуда сигнала  $U_c(t)$ ;
- длительность единичного импульса в структуре сигнала  $\tau_H$ ;
- период повторения  $T$  единичного импульса в структуре сигнала;
- форма огибающей спектра  $U_c(f)$ ;
- ширина частотного интервала суммирования  $\Delta f = 1/\tau_H$ ;
- тактовая частота следования импульса  $F_t = 1/T$ .

Вышеперечисленные параметры определяются стандартом (протоколом) используемого в исследуемом информационном тракте интерфейса.

Алгоритм преобразования импульсного (потенциального) сигнала, сформированного формирователем сигналов, в цифровую форму реализуется в устройстве кодирования сигналов. При этом, на вход кодировщика поступает последовательность импульсов (информационных «1» и «0»), а на выходе каждая информационная «1» и «0» представляются пакетами (комбинациями) элементарных импульсов в последовательном и (или) параллельном кодах.

Рассмотрим параметры сигнала, формируемого на выходе устройства кодирования:

- амплитуда сигнала  ${}^{kc}U_c(t)$ ;
- возможные значения длительности пакета импульсов в структуре сигнала  $\tau_{пак} \in (\min \tau_{пак}; \max \tau_{пак})$ ;
- длительность элементарного импульса внутри пакета  ${}_{эл}\tau_{II}$ ;
- количество элементарных импульсов в отдельно взятом пакете  $n$  для импульсного кодирования;
- период повторения пакетов элементарных импульсов в структуре сигнала  $T_{пак}$ ;
- период повторения элементарных импульсов в структуре пакета  ${}_{эл}T_{II}$ ;
- форма огибающей спектра  ${}^{kc}U_c(f)$ ;
- ширина частотного интервала – величина, обратная длительности элементарного импульса в структуре пакета  $\Delta f = 1/{}_{эл}\tau_{II}$ ;
- тактовая частота следования пакетов  $F_t = 1/T_{пак}$ .

При рассмотрении случайных излучающих антенн можно выделить две их разновидности: сосредоточенные и распределенные. Сосредоточенная случайная антенна представляет собой компактное техническое средство, являющееся составной частью СВТ. К распределенным случайным антеннам относятся антенны с распределенными параметрами: кабели, провода и т.д. Уровень наводимых в них сигналов в значительной степени зависит не только от мощности излучаемых сигналов, но и расстояния от линий технических средств передачи информации (далее - ТСПИ) до линий вспомогательных технических средств и систем или посторонних проводников, а также длины их совместного пробега.

При распространении по случайной антенне наведенный информационный сигнал затухает. Коэффициент затухания информационного сигнала можно рассчитать, зная расстояние от места возможного подключения технического средства разведки к случайной антенне до объекта ТСПИ и частоты побочных электромагнитных излучений [6].

Определим основные характеристики случайной излучающей антенны:

- имеет произвольную геометрическую форму, в общем случае не соответствующую форме простейших излучателей (сферического, диполя Герца, диполя Фитцджеральда, излучателя Гюйгенса) и антенн (линейных, фигурных, рамочных, щелевых, активных);
- ориентация антенны в пространстве является произвольной и фиксированной;
- направленные свойства антенны характеризуются коэффициентом неравномерности диаграммы направленности (КНДН) в горизонтальной и вертикальной плоскостях и имеют выраженную частотную зависимость;
- антенна не имеет выраженных поляризационных характеристик. Исключение составляют случаи, когда геометрическая форма и размеры соответствуют форме и размерам линейной антенны (например, линия внутрисетевого обмена данными).

Излучающие свойства случайной антенны характеризуются коэффициентами преобразования  ${}^E K_{np}(h_D(f), \alpha, \beta, R_0)$  и  ${}^H K_{np}(h_D(f), \alpha, \beta, R_0)$  сигналов, действующих в информационном тракте ( $U_c(f)$  и (или)  ${}^{kc}U_c(f)$ ), в напряженность электромагнитного поля ПЭМИ по электрической и (или) магнитной компонентам в среде распространения. В общем случае коэффициент преобразования не зависит от временной структуры и спектральных характе-



ристик сигналов, действующих в информационном тракте ( $U_c(f)$  и (или)  ${}^{kc}U_c(f)$ ), а определяется действующей высотой антенны в зависимости от частоты ( $h_d(f)$ ), местом расположения антенны в составе СВТ (характеризуется азимутом  $\alpha$  и углом места  $\beta$  при фиксированном расстоянии  $R_0$ ), а также экранирующими свойствами СВТ и (или) его составных частей ( $K_{экр}(f)$ ), влияющими на уровни излучения случайной антенны.

На практике значение коэффициента преобразования определяется по следующим формулам:

- для электрической составляющей ЭМП:

$${}^E K_{np}(h_d(f), K_{экр}(f), \alpha, \beta, R_0) = \left\{ \frac{E_c(f, \alpha, \beta, R_0)}{\frac{{}^{kc}U_c(f)}{E_c(f, \alpha, \beta, R_0)}} \right\} (M^{-1});$$

- для магнитной составляющей ЭМП:

$${}^H K_{np}(h_d(f), K_{экр}(f), \alpha, \beta, R_0) = \left\{ \frac{\rho H_c(f, \alpha, \beta, R_0)}{\frac{{}^{kc}U_c(f)}{\rho H_c(f, \alpha, \beta, R_0)}} \right\} (M^{-1}),$$

где  $E_c(f, \alpha, \beta, R_0)$ ,  $\rho H_c(f, \alpha, \beta, R_0)$  - спектральная плотность напряженности электромагнитного поля ПЭМИ по электрической (магнитной) составляющей, создаваемая сигналом  ${}^{kc}U_c(f)$ ,  $U_c(f)$  в среде распространения в направлении, определяемом азимутом  $\alpha$  и углом места  $\beta$  при фиксированном расстоянии  $R_0$  от геометрического центра источника излучения - информационного тракта [7].

Сигналы ПЭМИ формируются путем преобразования в среду распространения информативного сигнала  $U_c(t)$  с сохранением следующих параметров:

- длительности единичного импульса в структуре сигнала  $\tau_{II}$ ;
- периода повторения единичного импульса в структуре сигнала  $T$  (для периодических сигналов  $U_c(t)$ ).

Кроме того, к параметрам сигналов ПЭМИ относятся:

- зависимость амплитуды сигналов  $E_c(t, \alpha, \beta, R_0)$  или  $\rho H_c(t, \alpha, \beta, R_0)$  от времени, в направлении, характеризуемом азимутом  $\alpha$  и углом места  $\beta$  при фиксированном расстоянии  $R_0$  от геометрического центра источника излучения, которая характеризует форму (структуру) сигнала во временной области;

- зависимость (отличная от теоретической) уровней спектральных составляющих сигнала где  $E_c(f, \alpha, \beta, R_0)$  или  $\rho H_c(f, \alpha, \beta, R_0)$  от частоты, азимута  $\alpha$  и углом места  $\beta$  при фиксированном расстоянии  $R_0$  от геометрического центра источника излучения, которая характеризует форму огибающей спектра сигнала ПЭМИ;

- динамический диапазон амплитуд сигнала, характеризуемый минимальным  $E_{c \min}$  или  $H_{c \min}$  и максимальным  $E_{c \max}$  или  $H_{c \max}$  уровнями сигнала.

Для сигнала ПЭМИ, сформированного путем преобразования в среду распространения сигнала  ${}^{kc}U_c(t)$ , сохраняются следующие параметры:

- возможные значения длительности пакета импульсов в структуре сигнала  $\tau_{пак} \in (\tau_{пак \min}, \tau_{пак \max})$ ;

- длительность элементарного импульса внутри пакета  ${}_{эл}T_{II}$ ;
- количество элементарных импульсов  $n$  в отдельно взятом пакете для импульсного кодирования;
- период повторения пакетов элементарных импульсов в структуре сигнала  $T_{нак}$  при формировании в исследуемом информационном тракте периодической последовательности пакетов элементарных импульсов одинаковой длительности;
- период повторения элементарных импульсов в структуре пакета  ${}_{эл}T_{II}$  при формировании в структуре пакета периодической последовательности элементарных импульсов.

Кроме того, к параметрам сигнала ПЭМИ относятся:

- зависимость амплитуды сигналов  ${}^{KC}E_c(t, \alpha, \beta, R_0)$  или  ${}^{KC}H_c(t, \alpha, \beta, R_0)$  от времени, азимута  $\alpha$  и угла места  $\beta$  при фиксированном расстоянии  $R_0$  от геометрического центра источника излучения, которая характеризует форму (структуру) сигнала во временной области;
- зависимость (отличная от теоретической) уровней спектральных составляющих сигнала  ${}^{KC}E_c(f, \alpha, \beta, R_0)$  или  ${}^{KC}H_c(f, \alpha, \beta, R_0)$  от частоты, та  $\alpha$  и угла места  $\beta$  при фиксированном расстоянии  $R_0$  от геометрического центра источника излучения, которая характеризует форму огибающей спектра сигнала ПЭМИ;
- динамический диапазон амплитуд сигнала, характеризуемый минимальным  ${}^{KC}E_{c\min}$  или  ${}^{KC}H_{c\min}$  и максимальным  ${}^{KC}E_{c\max}$  или  ${}^{KC}H_{c\max}$  уровнями сигнала.

### Проведение исследований уровня ПЭМИ от СВТ

Согласно действующим нормативно-методическим документам, при проведении исследований требуется измерять информативные сигналы, при этом «полезная» информация хранится в малой части полного спектра сигнала. Все прочие излучения не должны фиксироваться при измерениях. Для того чтобы выделить информационные составляющие ПЭМИ, на исследуемом техническом средстве предусматривают специальные тестовые режимы его работы. Требования к тестам определяются в соответствующих ГОСТ и методиках [8].

В соответствии с методикой проведения исследований технических средств по измерению их собственного электромагнитного излучения проводятся следующие операции:

1. Контролируемое устройство включается в тестовый режим.
2. На определенном расстоянии (обычно 1 м) от устройства устанавливаются поочередно антенны для приема электрической и магнитной составляющих поля, излучаемого анализируемым устройством (рис. 3-4).
3. Электрический сигнал с выхода антенны подается на вход приемно-регистрирующего измерительного устройства, с помощью которого по результатам измерений по определенной методике производится расчет опасных зон.

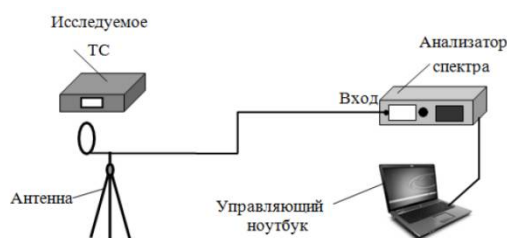


Рис. 3. Схема измерения ПЭМИ от СВТ

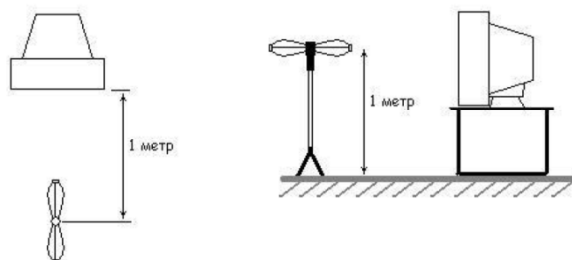


Рис. 4. Порядок установки приемных антенн

В рамках данной работы рассмотрим излучение сигнала ПЭМИ с видеоинтерфейсов. С учетом многообразия современных видеоинтерфейсов рассмотрим случаи тестирования цифровых и аналоговых видеоинтерфейсов. Для цифровых видеоинтерфейсов (например, HDMI) данная программа воспроизводит две последовательности тестовых сигналов, которые соответствуют полностью чёрному изображению на мониторе и цифровому шуму, отображаемому на мониторе в виде пикселей со случайным цветом. Чёрный цвет отображается дольше, для того, чтобы при поиске сигнала на анализаторе точно выявить сигнал от видеоинтерфейса. Также последовательность, соответствующая чёрному цвету, на цифровом видеоинтерфейсе даёт большее соотношение сигнал/шум. Для аналоговых видеоинтерфейсов (например, VGA) программа также воспроизводит две последовательности тестовых сигналов, но вместо цифрового шума программа генерирует сигнал, который отображается на экране как последовательность чередующихся белых и черных пикселей. Последовательность, соответствующая чередованию белых и черных пикселей, на аналоговом видеоинтерфейсе даёт большее соотношение сигнал/шум. На рисунках 5-6 приведены исследования видеоинтерфейсов VGA и HDMI с использованием соответствующих тестовых программ.



Рис. 5. Первая гармоника сигнала ПЭМИН от интерфейса VGA СВТ

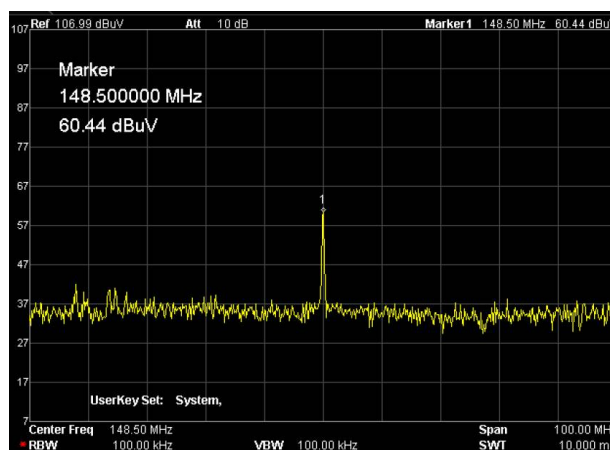


Рис. 6. Первая гармоника сигнала ПЭМИН от интерфейса HDMI СВТ

Как видно из рисунков 5-6 уровень сигнала цифрового видеоинтерфейса значительно превосходит уровень аналогового сигнала, что в последствие необходимо учитывать при построении системы защиты объекта информатизации от утечек по техническим каналам. Измеренные уровни сигнала и шума видеоинтерфейсов VGA и HDMI в дальнейшем могут быть использованы при расчете контролируемой зоны при оценке защищенности объекта информатизации.

## Заключение

Из проведённых исследований параметров сигнала ПЭМИ можно сделать вывод, что источником информативных сигналов современных СВТ являются информационные тракты интерфейсов СВТ, временные и частотные параметры которых определены стандартом (протоколом). Однако в режимах работы СВТ, использующих современные интерфейсы, задействуются устройства кодирования, не позволяющие создать тестовую последовательность типа «меандр».

Таким образом, при исследовании сигналов ПЭМИ современных интерфейсов, в составе информационных трактов которых используется устройство кодирования, необходимо учитывать сложную структуру информативного сигнала, как при создании тестового сигнала, так и в расчётных соотношениях при контроле защищённости информации.

С учетом конфигураций современных СВТ и в связи с отсутствием возможности использования тестовой последовательности типа «меандр» для проведения исследований

ПЭМИ от СВТ используют различные тестовые программы, применяемые в зависимости от исследуемого интерфейса СВТ.

### Библиографический список

1. Ружников В.А. Основы теории антенн и распространения радиоволн / М.Ю. Сподобаев, Ю.М. Сподобаев, В.П. Кубанов / под ред. В.П. Кубанова. – Самара: ОФОРТ, 2016. – 257 с.
2. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. – 2-е. изд. – М.: Телеком, 2007. – 558 с.
3. Хорев А.А. Оценка возможности обнаружения побочных электромагнитных излучений видеосистемы компьютера / А.А. Хорев // Доклады ТУСУР. – 2014. – № 2(32). – С. 207–213.
4. ГОСТ 29339-92 «Информационная технология. Защита информации от утечки за счет побочных электромагнитных излучений при ее обработке средствами вычислительной техники. Общие технические требования»; М., 1992.
5. Конкин А.А., Костров Б.В., Никифоров М.Б., Никифоров М.С., Лынов Е.В. Оценка ослабления сигнала по каналу ПЭМИ от средств вычислительной техники // Известия тульского государственного университета. Технические науки. 2022. Вып. 5. С. 159-165.
6. Хорев А.А. Защита информации от утечки по техническим каналам. Часть 1. Технические каналы утечки информации. М.: Гостехкомиссия РФ, 1998. 320 с.
7. Markus G. Kuhn: Electromagnetic Eavesdropping Risks of Flat-Panel Displays // 4th Workshop on Privacy Enhancing Technologies. – 26-28 May 2004. – Toronto, Canada, Proceedings. – P. 88–105.
8. Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В., Скрыль С.В., Голубятников И.В. Технические средства и методы защиты информации, 2009. – 508 с.

УДК 004.056, ГРНТИ 81.93.29

## **ЗНАЧЕНИЕ ВЫБОРА ТИПА СИГНАЛА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭКРАНИРОВАННЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ ПОЛУЧЕННОГО РЕЗУЛЬТАТА**

**А.А. Конкин, Б.В. Костров**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, konkin.a.a@grpz.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются недостатки действующей нормативно-методической документации, описывающей вопросы оценки эффективности экранирования экранированных сооружений. Излагаются решения по совершенствованию существующих методов оценки эффективности экранирования экранированных сооружений.

*Ключевые слова:* экранированное сооружение, оценка эффективности экранирования, затухание сигнала, методы оценки эффективности экранирования, шумоподобные сигналы.

## **THE IMPORTANCE OF CHOOSING THE TYPE OF SIGNAL USED IN A PERFORMANCE ASSESSMENT SHIELDING OF SHIELDED STRUCTURES ON THE RELIABILITY OF THE RESULT OBTAINED**

**A.A. Konkin, B.V. Kostrov**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, konkin.a.a@grpz.ru*

*Annotation.* The work examines the shortcomings of the current regulatory and methodological documentation describing the issues of assessing the effectiveness of shielding of shielded structures. Solutions for improving existing methods for assessing the shielding effectiveness of shielded structures are outlined.

*Keywords:* shielded structure, assessment of shielding effectiveness, signal attenuation, methods for assessing shielding effectiveness, noise-like signals.

На сегодняшний день широкое распространение получило использование экранированных сооружений (далее - ЭС), диапазон сфер деятельности в которых используются эти объекты достаточно широк от проведения научных исследований, когда подобные сооружения используются для создания идеальной без помеховой среды, производства, в котором ЭС строятся с целью обеспечения электромагнитной совместимости, до использования ЭС в целях обеспечения безопасности информации, а если быть более точным, то с целью скрытия просачивающегося информативного сигнала технических средств от злоумышленника.

Независимо от того для решения каких задач используется ЭС, основным параметром для каждой из них является один и тот же параметр – это эффективность экранирования (далее – ЭЭ) ЭС в определённом диапазоне частот.

Способ оценки эффективности экранирования ЭС на территории Российской Федерации определён ГОСТ 30373-95/ГОСТ Р 50414-92 «Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование для испытаний. Камеры экранированные. Классы, основные параметры, технические требования и методы испытаний» (далее - ГОСТ) [1]

Несмотря на то, что ГОСТу уже более 30 лет, при проведении работ по нему зачастую возникают вопросы, на которые ГОСТ не даёт однозначного ответа. Часть таких вопросов изложена в статьях специалистов, занимающихся вопросами оценки эффективности экранирования, например, часть актуальных вопросов изложена в [2].

Кроме вопросов, изложенных в [2], актуальным является вопрос о типе сигнала, который необходимо использовать при оценке ЭЭ по ГОСТ [1]. В самом ГОСТе в качестве сигнала, используемого при проведении оценки ЭЭ, используется обычный гармонический сигнал. Об этом можно судить исходя из перечня стандартных измерительных приборов, приведённых в стандарте.

Теоретическая оценка эффективности экранирования также не предполагает наличие зависимости ЭЭ от типа используемого сигнала, поскольку единственными параметрами, которые влияют на значение ЭЭ, согласно теоретическим оценкам, являются частота сигнала и обратная ей величина – длина волны.

Это заключение верно и для случая, когда экран представляется в виде плоскопараллельного листа и значение ЭЭ определяется из следующих соотношений:

$$S = R + A + R_m, \quad (1)$$

где  $R$  [дБ] – коэффициент отражения;

$A$  [дБ] – коэффициент поглощения;

$R_m$  [дБ] – поправочный коэффициент внутреннего переотражения.

Поглощение энергии волны в проводящей среде характеризуется экспоненциальным уменьшением амплитуды поля из-за возникновения вихревых токов, приводящих к нагреву экрана. Согласно [3] коэффициент поглощения,  $A$  [дБ], экрана толщиной  $d$  [м] может быть выражен как

$$A = 20 \lg(e^{\frac{d}{\delta}}), \quad (2)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \sigma \mu_0 \mu}}, \quad (3)$$

где  $\delta \left[ \frac{м}{\sqrt{Hz}} \right]$  – глубина скин-слоя материала, на которой амплитуда волны уменьшается в  $e$  раз;

$\omega$  [рад/с] – угловая частота;

$\sigma$  [См/м] – удельная электропроводность;

$\mu$  – относительная магнитная проницаемость материала;

$\mu_0$  [Гн/м] – магнитная проницаемость вакуума.

Отражение падающей волны от границы раздела сред обусловлено различием волнового сопротивления первой среды распространения от волнового сопротивления второй среды (материала) [3].

Полное волновое сопротивление (импеданс),  $Z$  [Ом], представляет собой отношение напряженности электрического поля (далее – ЭП) к напряженности магнитного поля (далее – МП) в заданной точке

$$Z = \frac{E}{H}, \quad (4)$$

В зависимости от расстояния до источника излучения эта величина может изменяться. Для решения задач проектирования ЭС и оценки ЭЭ часто используют волновой критерий, определяющий условные границы областей, называемых ближней, переходной и дальней зоной [4-5].

В ближней зоне преобладает реактивная составляющая электромагнитного поля (далее – ЭМП), при этом в зависимости от параметров источника амплитуда ЭП (МП) поля может существенно превышать амплитуду МП (ЭП).

В дальней зоне преобладает активная составляющая ЭМП. Волновое сопротивление падающей волны,  $Z_в$  [Ом], становится постоянным и приблизительно равным волновому сопротивлению вакуума:

$$Z_в \approx 120\pi. \quad (5)$$

Условной границей дальней зоны в волновом критерии будет являться расстояние до источника  $r$  [м], на котором выполняется (5):

$$r \gg \frac{\lambda}{2\pi}, \quad (6)$$

где  $\lambda$  [м] – длина волны.

Импеданс произвольного однородного изотропного материала,  $Z_э$  [дБ], в дальней зоне [6] определяется следующим выражением

$$Z_э = \sqrt{\frac{i\omega\mu\mu_0}{\sigma + i\omega\varepsilon\varepsilon_0}}, \quad (7)$$

где  $\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость материала,  $\varepsilon_0$  [Ф/м] – диэлектрическая проницаемость вакуума.

В предельных случаях значения волнового сопротивления для диэлектриков и проводников,  $Z_д$  и  $Z_{пр}$  соответственно, вычисляются по упрощенным формулам

$$Z_д = \sqrt{\frac{\mu\mu_0}{\varepsilon\varepsilon_0}}, \quad (8)$$

$$Z_{пр} = \sqrt{\frac{i\omega\mu\mu_0}{\sigma}}. \quad (9)$$

В соответствии с [3] коэффициент отражения в дальней зоне для плоскопараллельного экрана,  $R$  [дБ], равен

$$R = 20 \lg \left| \frac{(Z_э + Z_в)^2}{4Z_эZ_в} \right|, \quad (10)$$

поправочный коэффициент внутреннего переотражения [6],  $R_m$  [дБ], может быть выражен как

$$R_m = 20 \lg \left( 1 - \left| \frac{Z_B - Z_{\text{Э}}}{Z_B + Z_{\text{Э}}} \right|^2 e^{-2 \frac{d}{\delta}} \right). \quad (11)$$

Формулы (2, 10, 11) позволяют провести теоретическую оценку ЭЭ элементов ЭС формы плоскопараллельный лист без учета технологических отверстий в дальней зоне поля, а также решить обратную задачу – определить минимальную необходимую толщину сплошного экрана для требуемого уровня ослабления излучения. Коэффициенты ЭЭ для экранов других форм (сфера, цилиндр) приведены в [6].

Также утверждение о том, что ЭЭ не зависит от структуры сигнала верно и для случая, когда в экране имеются технологические отверстия.

Согласно [5] одно отверстие диаметром  $d_{\text{отв}}$  [м] ухудшит ЭЭ до значения

$$S_{\text{отв}} = 20 \lg \frac{\lambda}{2d_{\text{отв}}}, \quad (12)$$

### Расчет ЭЭ замкнутого экрана методом эквивалентной сферы

Для оценки ЭЭ сооружения в целом с учетом технологических отверстий, согласно [7, 8], можно воспользоваться методом эквивалентной сферы с использованием приближенной формулы

$$\mathcal{E}_{\text{сф}} = \sqrt{\frac{\delta Z_B}{\rho}} \sqrt[3]{\frac{\lambda}{R_{\text{Э}}}} \left( 1 - \frac{\pi m}{\lambda} \right)^6 e^{\frac{2\pi d}{m}}, \quad (13)$$

$$R_{\text{Э}} = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} V_{\text{Э}}}, \quad (14)$$

где  $R_{\text{Э}}$  [м] – эквивалентный радиус сферы;

$V_{\text{Э}}$  [м<sup>3</sup>] – объем ЭС;

$m$  [м] – наибольший размер технологических отверстий;

$\rho$  [м/См] – удельное сопротивление материала экрана.

Вычислим ЭЭ эквивалентной сферы в логарифмическом масштабе, заменив для удобства удельное сопротивление на удельную электропроводность ( $\rho = 1/\sigma$ ):

$$S_{\text{сф}} = 20 \lg \left( \sqrt{\delta \sigma Z_B} \sqrt[3]{\frac{\lambda}{R_{\text{Э}}}} \left( 1 - \frac{\pi m}{\lambda} \right)^6 e^{\frac{2\pi d}{m}} \right). \quad (15)$$

Формулы (13, 15) применимы при  $\lambda \gg m\pi$ . При  $\lambda \rightarrow m\pi$  ЭЭ становится незначительной.

Значение импеданса падающей волны  $Z_{\text{в}}$  в формулах (13, 15) зависит от расстояния до источника излучения.

В дальней зоне  $Z_{\text{в}}$  определяется выражением (5).

В ближней зоне  $Z_{\text{в}}$  зависит от параметров источника. Импеданс электрического поля, создаваемого точечным высокоомным источником [9], может быть аппроксимирован выражением

$$|Z_B|_{ЭП} = \frac{1}{\omega \epsilon \epsilon_0 r}, \quad (16)$$

где  $r$  [м] – расстояние до источника излучения.

Импеданс МП, создаваемого точечным низкомным источником, аппроксимируется выражением:

$$|Z_B|_{МП} = \omega \mu \mu_0 r. \quad (17)$$

Как видно из приведённого расчёта значение ЭЭ в этом случае использования метода эквивалентной сферы, как и в случае для плоскопараллельного листа не зависит от структуры сигнала, а определяется только длиной волны  $\lambda$  [м].

Казалось бы, что, основываясь на вышеприведённых данных, можно сделать однозначный вывод о том, что ЭЭ ни коим образом не зависит от типа сигнала, используемого при проверке. Но этот вывод был бы обманчивым.

Согласно [10] использование в качестве сигнала при оценке ЭЭ ЭС шумоподобного сигнала (далее - ШПС), например, псевдослучайного сигнала типа М-последовательности и оптимальных методов обработки позволяет получить значительный выигрыш отношения сигнал-помеха на выходе приёмного устройства по сравнению с применением простых сигналов и неоптимальных методов его приёма. Коррелятор даёт выигрыш в отношении сигнал-помеха в  $\sqrt{2}$  раз (по напряжению) при использовании простого сигнала. Выигрыш при применении ШПС, база которых намного больше единицы  $B_S = T_S \Delta f_S \gg 1$ , по сравнению с простыми сигналами, база которых равна единице, возрастает в  $\sqrt{B_S}$  раз, где  $T_S$  – длительность сигнала,  $\Delta f_S$  – ширина его спектра.

Таким образом, применение ШПС и оптимальных методов обработки позволяет получить выигрыш в отношении сигнал-помеха в  $\sqrt{2B_S}$  раз, т.е. на такую величину возрастает возможность увеличения энергии сигнала на выходе приёмника при оценке эффективности экранирования корреляционным способом по сравнению с традиционным методом.

Использование ШПС позволяет производить измерения ЭЭ без увеличения мощности самого генератора, а путём введения частотной  $\Delta f_S$  или временной  $T_S$  избыточности и соответствует

$$q_{ВЫХ} = q_{ВХ} \sqrt{2B_S}, \quad (18)$$

где  $q_{вх}$  и  $q_{вых}$  – отношение сигнал-помеха соответственно на входе и выходе корреляционного приёмника.

Применение ШПС позволяет исключить или значительно уменьшить действие внешних помех в оцениваемом диапазоне частот и обеспечить приём сигнала с высокой достоверностью. Действие любой помехи, сформированной по любому закону, определяется только средней за (за продолжительность сигнала  $T_S$ ) мощностью в пределах полосы частот сигнала и ослабляется в  $B_S$  раз. Отношение сигнала (пикового значения) и помехи (среднеквадратичного значения) определяется выражением:

$$q_{ВЫХ} = q_{ВХ} \sqrt{\frac{S}{P_{П}} B_S}, \Delta f_{ПР.СИГ.В} \approx 10^{-5} f_H \quad (19)$$

где  $S$  – пиковая мощность сигнала,  $P_{П}$  – средняя мощность помехи в полосе  $2\Delta f_S$ .

Сегодня работы в ЭС зачастую проводятся с техническими средствами, работающими с сигналами сложной структуры, занимающими определённый диапазон частот при функционировании. В тоже время проверка ЭЭ в соответствии с ГОСТом [1] проводится в соответствии с сеткой частот определённой в ГОСТе, что не даёт реальной картины о защитных свойствах сооружения при работе с импульсными сигналами и изменении частотного диапазона. Применение ШПС позволяет избавиться от этого недостатка, т.к. можно проводить



оценку ЭЭ в диапазоне частот или в диапазоне частот технических средств, работы с которыми проводятся в конкретном ЭС. Полоса частот, занимаемая системой с простым сигналом, равна  $\Delta f_{\text{пр.сиг.в}} \approx 10^{-5} f_H$ , а для системы с ШПС определяется следующим выражением:

$$\Delta f_{\text{ШПС}} = 2 \frac{1}{\tau_{\text{э}}}, \quad (20)$$

где  $\tau_{\text{э}}$  – длительность элемента сигнала ШПС.

Полосу частот при оценке ЭЭ можно рассчитать исходя из диапазона (несущей частоты) частот и параметров сигнала технических средств

$$\Delta f = 2 \frac{B_S}{T_S}, \quad (21)$$

Тогда оценка ЭЭ соответствует реальной действительности, т.е. области частот, занимаемой техническим средством при функционировании.

### Выводы

1. Хотя результат, полученные на практике, в ходе оценки ЭЭ в соответствии с ГОСТ [1], и признаются легитимными, однако, приведённые теоретические оценки показывают, что изложенные в ГОСТе подходы к оценке ЭЭ (предполагающие использование простых сигналов, проведение оценки ЭЭ на конкретных частотах и т.д.) позволяют получить лишь приближённые значения ЭЭ, отличные от реальных.

2. Применение, при оценки ЭЭ, простых сигналов не позволяет проводить оценку ЭЭ сразу во всём диапазоне частот работы технического средства, а только поэтапно.

3. Для получения наиболее достоверных результатов при проведении работ по оценки ЭЭ необходимо использовать тот же тип сигнала и частотный диапазон, которые предполагаются к использованию техническим средством, проведение работ с которым планируется в конкретном ЭС.

### Библиографический список

1. ГОСТ 30373-95/ГОСТ Р 50414-92 «Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование для испытаний. Камеры экранированные. Классы, основные параметры, технические требования и методы испытаний».

2. Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2022 [текст]: сб. тр. V междунар. науч.-техн. форума: в 10 т. Т.4./ под общ. ред. О.В. Миловзорова. – Рязань: Рязан. Гос. радиотехн. ун-т, 2022 – 252 с.

3. Физические принципы экранирования [электронный ресурс] URL: [http://neo-chaos.narod.ru/useful/emc/screening\\_physical.pdf](http://neo-chaos.narod.ru/useful/emc/screening_physical.pdf) (дата обращения 19.02.2024).

4. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства [электронный ресурс] URL: [https://libeloc.bsuir.by/bitstream/123456789/154/2/Gololobov\\_Ch3.pdf](https://libeloc.bsuir.by/bitstream/123456789/154/2/Gololobov_Ch3.pdf) (дата обращения 19.02.2024).

5. Ближние и дальние электромагнитные поля [электронный ресурс] URL: <http://ehant.qrz.ru/zona.pdf> (дата обращения 19.02.2024).

6. Конструирование экранов и СВЧ-устройств: Учебник для вузов/ А.М. Чернушенко, Б.В. Петров, Л.Г. Малорацкий и др.; под ред. А.М. Чернушенко. –М: Радио и связь, 1990. -352 с.

7. Формулы расчета эффективности экранов [электронный ресурс] URL: <https://safteh.ru/docs/Формулы%20расчета%20эффективности%20экранов.pdf> (дата обращения 19.02.2024).

8. Конструирование электромагнитных экранов для радиоэлектронной аппаратуры / Н.Б. Полонский. - М.: Сов. Радио, 1979.-216 с.

9. Прохождение электромагнитного поля через границу раздела сред [электронный ресурс] URL: [http://neo-chaos.narod.ru/useful/emc/environment\\_interfaces.pdf](http://neo-chaos.narod.ru/useful/emc/environment_interfaces.pdf) (дата обращения 19.02.2024).

10. Патент Корреляционный способ оценки эффективности экранирования экранированных сооружений. Авторское свидетельство СССР № 1228150, кл. G 12 В 17/00, 1986.

УДК 519.724; ГРНТИ 28.21

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ БОРЬБЫ С РАСТЕКЕНИЕМ СПЕКТРА

М.В. Сурма, Н.И. Хизриева

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, igorrecho@gmail.com

*Аннотация.* В работе рассматриваются особенности оконного преобразования Фурье, влияющие на выбор функции окна. Рассмотрены четыре часто применяющиеся на практике оконные функции: Дирихле, Гаусса, Хэмминга, Блэкмана-Харриса. Были построены графики АЧХ и СПМ, полученные с помощью Быстрого преобразования Фурье. Для построения сигналов и графиков использовался язык Python. Модули, используемые в работе: numpy, matplotlib.

*Ключевые слова:* спектральный анализ, растекание спектра, преобразование Фурье, амплитудно-частотная характеристика, оконные функции.

## STUDY OF THE METHODS OF SPECTRAL LEAKAGE PREVENTION

M.V. Surma, N.I. Khizrieva

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, igorrecho@gmail.com

*The summary.* This article studies specific traits of Short-time Fourier Transform that affects window function selection. The four most practically common window functions are studied: Dirichlet, Gaussian, Hamming, and Blackman–Harris windows. Amplitude-frequency response and spectral power density curves were modulated with the help of Fourier Fast Transform. Python was used for signal and curve computing. Modules used in the study are numpy and matplotlib.

*Keywords:* spectral analysis, spectral leakage, Fourier transform, amplitude-frequency response, window functions.

Для анализа и обработки сигналов разной природы часто требуется получить его амплитудно-частотную характеристику (АЧХ). Для этого применяются разновидности преобразования Фурье. Такой подход используется в решении задач распознавания слов по устной речи, медицине, например в клинической электроэнцефалографии, сейсмологии и микроволновой акустике. В цифровой обработке сигналов используется быстрое преобразование Фурье (БПФ или FFT), выведенное К. Гауссом и в последствии переоткрытое Джейсом Кули и Джоном Тьюки, которые адаптировали алгоритм Гаусса под реалии ЭВМ в 1965 году. Алгоритм получил широкое распространение и является наиболее часто используемым для вычисления быстрого преобразования Фурье [1].

Так как на практике невозможно получить сигнал на бесконечном интервале, ограничение интервала анализа равносильно произведению исходного сигнала на прямоугольную оконную функцию. Окном называют весовую функцию, используемую для ограничения сигнала во времени. Тогда преобразование Фурье принимает разновидность оконного преобразования, в котором тело интеграла умножается на оконную функцию [2].

Оконные функции используются в спектральном анализе, модификации и повторном синтезе сигналов, при проектировании фильтров с конечной импульсной характеристикой, объединении многомерных наборов данных, а также в проектировании фазированных антенных решёток. Существует множество различных оконных функций, отличающихся между собой влиянием эффект растекания спектра.

Для исследования свойств окон была выбрана функция, включающая в себя 3 синусоиды различных частот и амплитуд, без смещения фазы (рисунок 1). Частоты функций взяты 2500 Гц, 5000 Гц, 10000 Гц. Амплитуды 32000,  $2,8e-5$  и 32000 соответственно. Далее графики работы БПФ будут представлены в логарифмическом масштабе. Для всех окон используется одинаковая исходная функция, длительностью в 2 секунды.

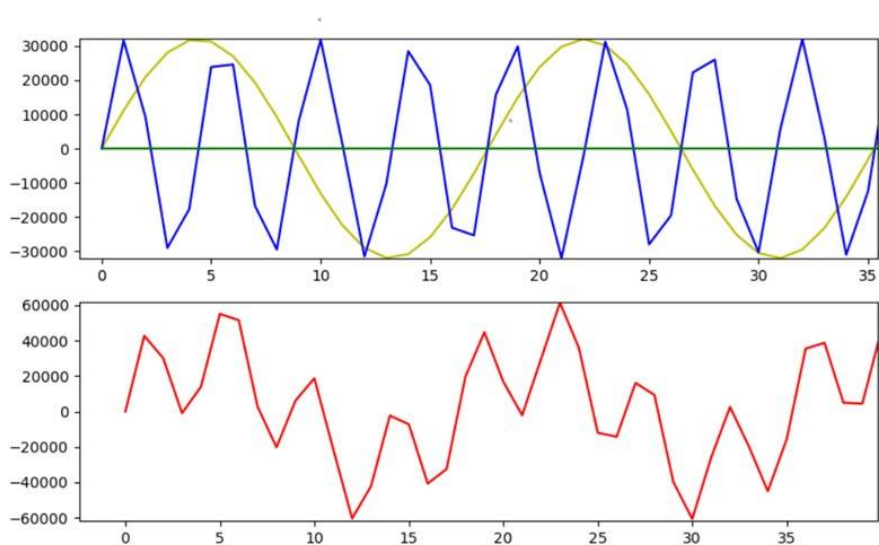


Рис. 1. Исходная функция

### Прямоугольное окно

Прямоугольное окно (рисунок 2), также известное как окно Дирихле (здесь и далее  $N$  – длина сигнала,  $n$  – текущий отсчет):

$$w(n) = \begin{cases} 1, & n \in [0, N-1] \\ 0, & n \notin [0, N-1] \end{cases}, \quad (1)$$

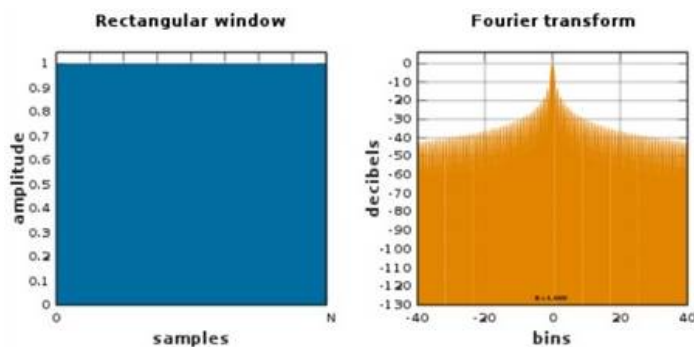


Рис.2. График прямоугольного окна

Является самым примитивным из всех окон, так как в нем лежащие вне диапазона окна значения приравниваются к нулю [3].

На основе исходного сигнала, к которому было применено прямоугольное окно, был построен график АЧХ, представленный на рисунке 3. Функция сверху является исходной для получения АЧХ с помощью БПФ. Функция снизу является результатом работы алгоритма БПФ над исходной функцией, пропущенной через прямоугольное окно.

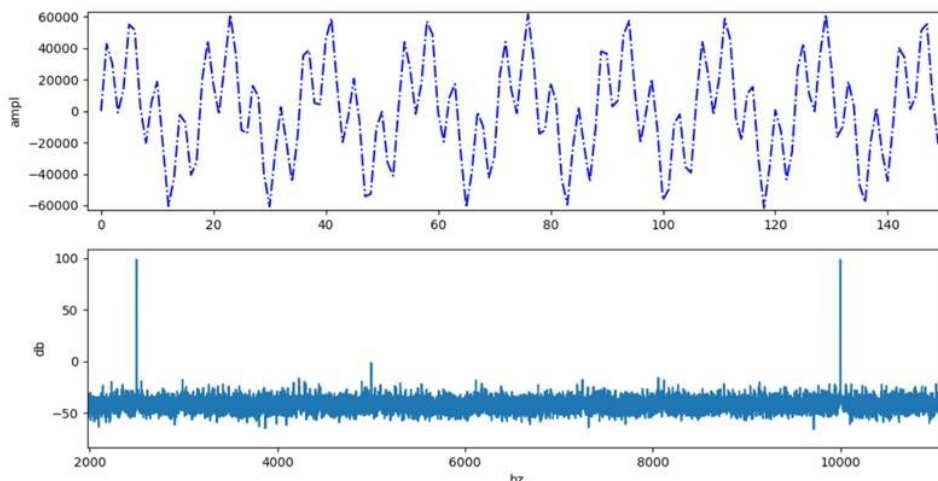


Рис. 3. Прямоугольное окно

Отчетливо видна особенность оконного преобразования Фурье: помимо пиков гармоник на графике идут боковые лепестки. Этот эффект называется растеканием спектра и возникает из-за дискретизации БПФ, ограниченного по времени. Наиболее губительными с точки зрения извлечения полезной информации из графика АЧХ являются лепестки, расположенные вблизи гармоник, так как они могут маскировать их. Такие искажения называются гребешковыми. В свою очередь искажения вне пиков гармоник являются просто шумом. Первая и последняя гармоники (2500 Гц и 10000 Гц) видны отчетливо, в то время как вторая (5000 Гц) практически незаметна среди лепестков. Уровень боковых лепестков спектра и скорость их убывания по частоте зависят от степени гладкости исходной функции. Поэтому для уменьшения этого эффекта следует исключить скачки в конце и в начале. Для этого существуют другие, сглаживающие функцию, окна.

### Окно Гаусса

Относится к классу регулируемых окон и представляет из себя функцию нормального распределения Гаусса (рисунок 4):

$$w(i, N) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{i - (N - 1) / 2}{0.4(N - 1) / 2}\right)^2\right), \tag{2}$$

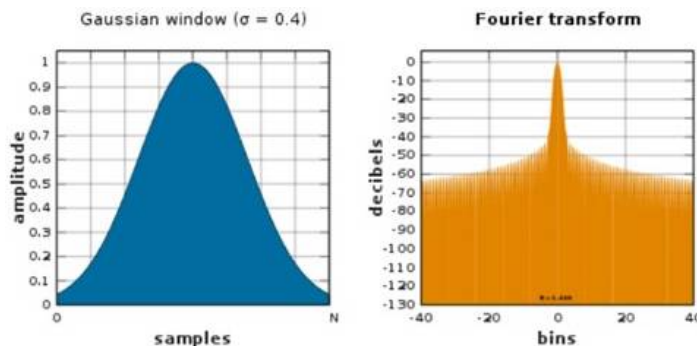


Рис. 4. График окна Гаусса

При использовании окна Гаусса получается следующая картина (рисунок 5).

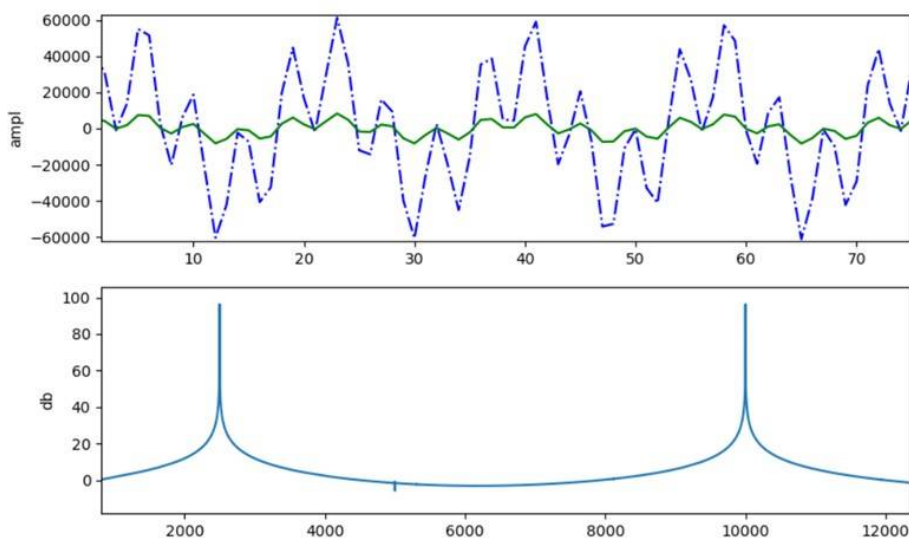


Рис. 5. Окно Гаусса

На верхнем графике голубая функция является исходной, зеленая является функцией, пропущенной через окно Гаусса. На нижнем графике представлен результат работы БПФ над функцией, сглаженной с помощью окна Гаусса. Окно Гаусса придает АЧХ максимально гладкий вид по сравнению с другими окнами. Однако вместе со сглаживанием лепестков исчез и пик второй гармоники на 5000Гц. Также повысился уровень общий шума.

### Окно Хэмминга

Относится к разряду окон суммы косинусов, известным также как обобщенные косинусные окна (рисунок 6):

$$w(n) = 0.53836 - 0.46164 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), \quad (3)$$

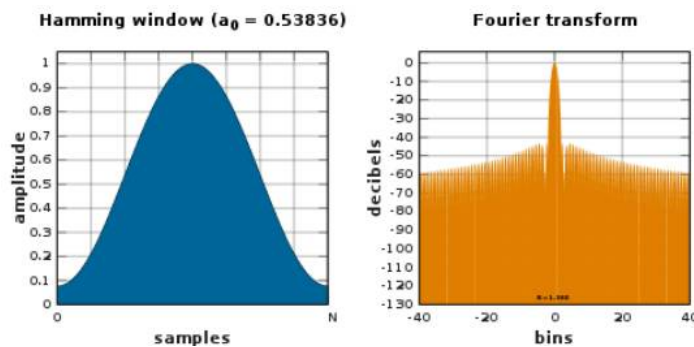


Рис. 6. График окна Хэмминга

Каждое окно из этого класса выводится из общей формулы:

$$w[n] = \sum_{k=0}^K (-1)^k a_k \cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right), \quad 0 \leq n \leq N, \quad (4)$$

При использовании окна Хэмминга получается следующая картина (рисунок 7).

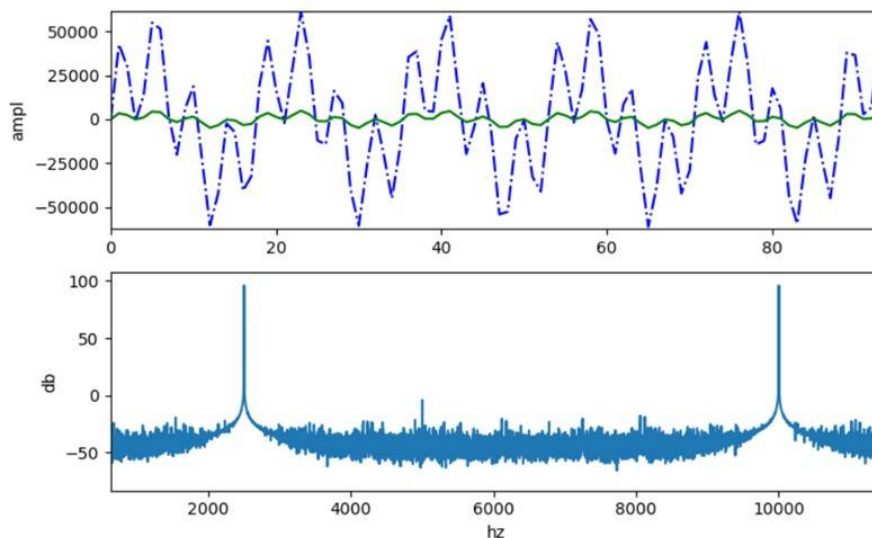


Рис. 7. Окно Хэмминга

На верхнем графике голубая функция является исходной, зеленая является функцией, пропущенной через окно Хэмминга. На нижнем графике представлен результат работы БПФ над функцией, сглаженной с помощью окна Хэмминга. На графике АЧХ видно, что, в отличие от прямоугольного окна, лепестки около пиков гармоник сглажены, а также виден пик второй гармоники на 5000Гц. Гребешковые искажения практически отсутствуют.

### Окно Блэкмана-Харриса

Относится к классу окон суммы косинусов и является обобщением для окон семейства Хэмминга (рисунок 8). Выведено путем добавления синусоид с большей фазой для минимизации уровня боковых лепестков:

$$w(i, N) = a_0 - a_1 \cos\left(\frac{2\pi i}{N-1}\right) + a_2 \cos\left(\frac{4\pi i}{N-1}\right) - a_3 \cos\left(\frac{6\pi i}{N-1}\right) \quad (5)$$

где  $a_0 = 0.35875$ ,  $a_1 = 0.48829$ ,  $a_2 = 0.14128$ ,  $a_3 = 0.01168$ .

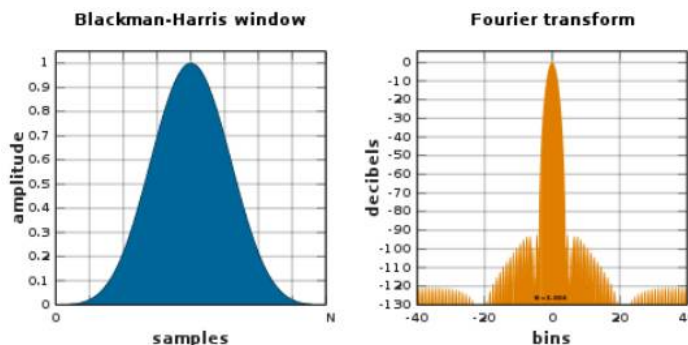


Рис. 8. График окна Блэкмана-Харриса

При использовании окна Блэкмана-Харриса получается следующая картина (рисунок 9).

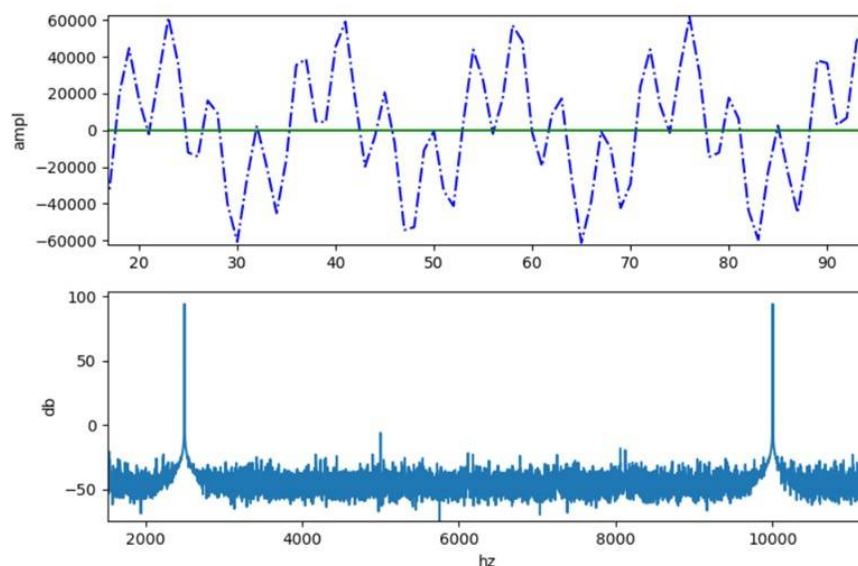


Рис. 9. Окно Блэкмана-Харриса

На верхнем графике голубая функция является исходной, зеленая является функцией, пропущенной через окно Блэкмана-Харриса. На нижнем графике представлен результат работы БПФ над функцией, сглаженной с помощью окна Блэкмана-Харриса. График АЧХ после Блэкмана-Харриса похож на график АЧХ Хэмминга с тем отличием, что частоты гармоник, расположенные близко к преобладающим пикам, будут видны отчетливее. Гребешковые искажения имеются, но при этом они уменьшаются с приближением к пику гармонике до их уровня при использовании окна Хэмминга.

### Сравнение окон

Спектральная плотность мощности пика гармонике на 10000 Гц для каждого окна изображена на рисунке 10. Окна Гаусса, Хэмминга, Блэкмана-Харриса и Дирихле отмечены зеленым, желтым, голубым и красным цветами соответственно. Полуширина пика меньше всего у прямоугольного окна, у оставшихся окон она примерно одинаковая. Несмотря на выраженность пика у прямоугольного окна, в связи с отсутствием коэффициентов сглаживания, оно будет хорошо себя показывать только на простых сигналах. Относительно соотношения ширины и высоты пиков, окно Хэмминга и окно Гаусса показывают схожие результаты, однако, исходя из графиков АЧХ, окно Гаусса даёт более шумный и гладкий результат. Относительно выраженности пика, окно Блэкмана-Харриса дает худший результат, но при этом у него самый низкий уровень шумов.



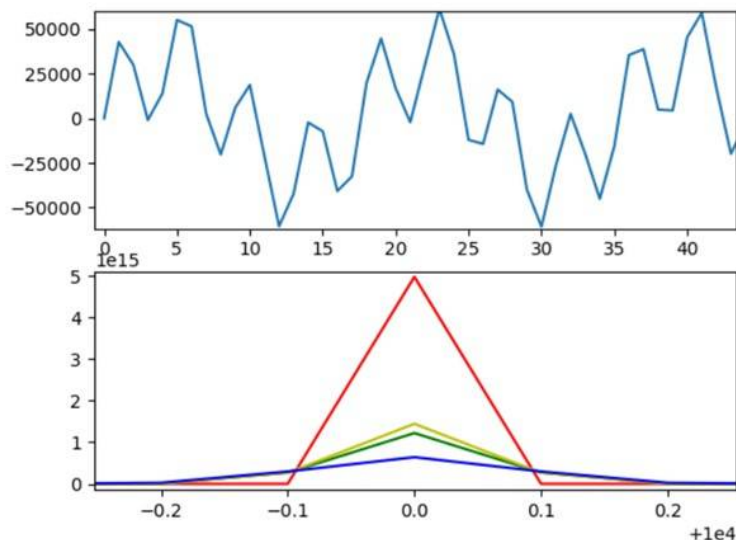


Рис. 10. Спектральная плотность мощности

Выбор оконной функции зависит от характера сигнала, а, следовательно, и от характера решаемой задачи: для простых гармонических сигналов лучше всего подойдет прямоугольное окно, в остальных случаях лучше использовать другие функции, каждая из которых имеет свою специфику. Из рассмотренных выше, окно Хэмминга является наиболее универсальным. Для задач, в которых требуется точность определения гармоник с малыми амплитудами, лучше использовать окно Блэкмана-Харриса. Окно Гаусса хорошо подойдет для задач, в которых нас интересуют только гармоники с большими амплитудами.

Опираясь на вышеприведенные графики, следует отметить, что использование оконных функций может привести как к улучшению читаемости АЧХ сигнала, так и, напротив, «затереть» некоторые из его составляющих. Следовательно, выбор оконной функции влияет на качество извлекаемой из сигнала информации самым прямым образом. Можно сделать вывод, что для грамотного выбора функции в оконном преобразовании Фурье требуется понимать природу сигнала.

### Библиографический список

1. Harris, F. On the Use of Windows for Harmonic Analysis with the Discrete Fourier Transform // Proceedings of the IEEE. – 1978. – Vol. 66 (1). – P. 51-83.
2. Nuttall, Albert H. Some Windows with Very Good Sidelobe Behavior // Proceedings of the IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing. – 1981. – Vol. 29 (1). – P. 84–91.
3. Функции оконного сглаживания [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.dsplib.org/content/windows/windows.html> (дата обращения: 29.02.2024).



УДК 004.424; ГРНТИ 20.01.07

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АЛГОРИТМА ПОРАЗРЯДНОЙ СОРТИРОВКИ НА ЯЗЫКАХ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON И JAVA**

**П.А. Стежкин, А.А. Вьюгина**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, sprt4758@gmail.com*

*Аннотация.* В работе рассматривается сортировка списков (массивов) в программировании с помощью поразрядной сортировки. Приводятся её особенности, преимущества и недостатки перед другими способами сортировки. Рассмотрена реализация данного метода на языках программирования Java и Python.

*Ключевые слова:* сортировка данных, языки программирования, Python, Java, алгоритм поразрядной сортировки.

## **ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE RADIX SORTING ALGORITHM IN THE PYTHON AND JAVA PROGRAMMING LANGUAGES**

**P.A. Stezhkin, A.A. Vyugina**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, sprt4758@gmail.com*

*The summary.* This article reviews sorting lists (arrays) in programming using radix sorting. Its features, advantages and disadvantages over other sorting methods are given. The implementation of this method in the Java and Python programming languages is considered.

*Keywords:* data sorting, programming languages, Python, Java, bit-by-bit sorting algorithm.

Поразрядная сортировка, также известная как сортировка по разрядам или LSD (Least Significant Digit) сортировка, является одним из наиболее эффективных алгоритмов сортировки для целых чисел. Этот метод сортировки основан на разбиении чисел на отдельные биты и последующей сортировке по каждому разряду.

### **Основные принципы поразрядной сортировки**

Принцип поразрядной сортировки базируется на работе с отдельными разрядами чисел [1]. Алгоритм начинает с младших разрядов и постепенно переходит к старшим. На каждом этапе сортируются числа по текущему разряду, что приводит к тому, что числа сортируются по всем разрядам, образуя упорядоченный список.

### **Алгоритм поразрядной сортировки**

1. Инициализация: определение максимального разряда чисел, а также подготовка временных буферов для последующей сортировки.
2. Сортировка по одному разряду: начиная с младшего разряда и двигаясь к старшему, числа сортируются по текущему разряду с использованием сортировки подсчётом или других методов сортировки.
3. Обновление данных: после сортировки по текущему разряду данные обновляются, сохраняя упорядоченность чисел по предыдущим разрядам.
4. Повторение: процесс сортировки повторяется для всех разрядов, пока не будет достигнут наибольший разряд.
5. Завершение: после сортировки по каждому разряду, числа упорядочиваются, что приводит к окончательной сортировке списка.

### Реализация

1. Подготовка. Алгоритм вычисляет, сколько элементов в списке.
2. Вычисление количества разрядов у самого длинного числа.
3. Создание промежуточного списка.
4. Алгоритм находит все значения первого разряда в каждом числе.
5. Алгоритм записывает соответствующие числа в ячейки под этими номерами.
6. Алгоритм заменяет содержимое исходного массива этими непустыми значениями.
7. Алгоритм выполнит действия 4-6 для всех последующих разрядов.
8. По завершении работы алгоритма будет получен отсортированный список.

Реализация алгоритма поразрядной сортировки на языках программирования python и

java:

```
import java.util.ArrayList;
import java.util.Arrays;
import java.util.List;

public class ExampleRadixSort {
    public static void main(String[] args) {
        int[] num = {170, 45, 75, 90, 802, 123546};
        radixSort(num);
        System.out.println(Arrays.toString(num)); }

    public static void radixSort(int[] input) {
        List<Integer>[] buckets = new ArrayList[10];
        for (int i = 0; i < buckets.length; i++) {
            buckets[i] = new ArrayList<Integer>(); }

        // sort
        boolean flag = false;
        int tmp = -1, divisor = 1;

        while (!flag) {
            flag = true;
            // split input between lists
            for (Integer i : input) {
                tmp = i / divisor;
                buckets[tmp % 10].add(i);
                if (flag && tmp > 0) {
                    flag = false; } }
            int a = 0;
            for (int b = 0; b < 10; b++) {
                for (Integer i : buckets[b]) {
                    input[a++] = i; }
                buckets[b].clear(); }
            divisor *= 10; } }
```

```
def radix_sort(arr):
    max_digits = max([len(str(x)) for x in arr])
    base = 10
    bins = [[] for _ in range(base)]
    for i in range(0, max_digits):
        print('номер разряда:', str(i))
        for x in arr:
            digit = (x // base ** i) % base
            bins[digit].append(x)
    arr = [x for queue in bins for x in queue]
```

#### *Преимущества поразрядной сортировки*

1. **Эффективность:** поразрядная сортировка является одним из самых быстрых алгоритмов сортировки для списков данных. Она может быть эффективно применена для сортировки чисел, строк и других типов данных, которые можно представить в виде последовательности символов или чисел.
2. **Поразрядная сортировка эффективна для целых чисел:** этот алгоритм идеально подходит для сортировки целых чисел, особенно когда разрядность чисел фиксирована.
3. **Простота реализации:** алгоритм поразрядной сортировки достаточно прост в реализации.

#### *Ограничения использования*

Хотя поразрядная сортировка обладает множеством преимуществ, она не лишена и недостатков. Основным недостатком является требование фиксированной разрядности чисел, что делает ее неэффективной для сортировки чисел переменной длины.

Однако, в контексте программирования, где известен формат данных, такая сортировка как сортировка целых чисел или строк фиксированной длины, поразрядная сортировка является мощным инструментом. Она широко используется в различных областях, таких как обработка изображений, криптография, сжатие данных и другие, где необходима эффективная сортировка данных.

#### *Оценка времени работы алгоритма*

Время работы поразрядной сортировки зависит от количества элементов в списке и их максимальной длины [2]. Временная сложность алгоритма поразрядной сортировки составляет  $O(n * k)$ , где  $n$  – количество элементов в массиве, а  $k$  – максимальная длина элементов списка.

#### *Применение*

Поразрядная сортировка широко используется в различных областях, где необходима эффективная сортировка больших объемов данных. Вот несколько примеров ее применения:

##### 1. Сортировка целых чисел.

Одним из основных применений поразрядной сортировки является упорядочивание целых чисел. Этот алгоритм может использоваться для сортировки массива целых чисел как по возрастанию, так и по убыванию. Поразрядная сортировка обеспечивает эффективную сортировку больших объемов данных.

##### 2. Строки текста.

Поразрядная сортировка также может быть применена для упорядочивания строк текста. Например, если необходимо отсортировать список слов по алфавиту, поразрядная сортировка может быть использована для этой цели. Это особенно удобно, когда требуется обработать большой объем текстовой информации.

##### 3. Сортировка IP-адресов.

В сетевых приложениях поразрядная сортировка часто используется для сортировки IP-адресов. IP-адреса представляют из себя последовательность чисел, разделенных точками, и поразрядная сортировка может быть применена для упорядочивания списка IP-адресов.

##### 4. Сортировка данных в базах данных.

Поразрядная сортировка может быть использована для сортировки данных в базах данных. Например, если необходимо отсортировать данные по определенному полю или столбцу, поразрядная сортировка может обеспечить эффективное выполнение этой операции.

### **Заключение**

Поразрядная сортировка представляет собой эффективный и мощный метод сортировки данных, особенно для целых чисел с фиксированной разрядностью. Ее простота и эффективность делают ее популярным выбором в программировании, особенно когда требуется сортировка больших объемов данных. С пониманием основных принципов этого алгоритма разработчики могут эффективно использовать его для решения различных задач сортировки.

### **Библиографический список**

1. Кормен, Томас Х., Лейзерсон, Чарльз И., Ривест, Рональд Л., Штайн, Клиффорд. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание. : Пер. с англ. — М. : Издательский дом “Вильямс”, 2011. — 1296 с.
2. Альфред В. Ахо, Джон Э. Хопкрофт, Джеффри Д. Ульман, Структуры данных и алгоритмы. - Пер. с англ. - М.: Издательский дом Вильямс , 2016. 400 с.

УДК 621.397; ГРНТИ 47.63

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

А.А. Лучкина, В.Ю. Тарасова

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, luchkina.angela2001@mail.ru, Valentina2008.91@mail.ru*

*Аннотация.* В данной статье разработаны алгоритм и на его основе система для цифровой идентификации продукции на предприятии. В качестве продукции рассматриваются банки с краской, на крышках которых указаны номер и дата производства. Задача разрабатываемой системы состоит в том, чтобы считать с изображения, полученного с помощью камеры, расположенной над ленточным конвейером, по которому движутся банки с краской, номер и дату производства конкретной банки. Данные, полученные системой, далее заносятся в базу данных предприятия для учета продукции. Разрабатываемый алгоритм включает в себя два этапа: предварительная обработка изображения с целью более качественного последующего распознавания текста и само распознавание. Данные этапы реализованы с использованием библиотек OpenCV и IronOCR. Главная проблема, почему нельзя сразу воспользоваться встроенной функцией для распознавания текста, заключается в том, что данная функция не дает ожидаемых результатов для тех изображений, на которых текст расположен не по горизонтали, а с наклоном на случайный угол, оттого главная задача алгоритма – отыскать текст на изображении и повернуть его на нужный угол до горизонтального положения, поэтому изображение проходит следующие процессы: бинаризация, сегментация, эрозия, дилатация, поиск контура с наибольшей длиной и перспективное преобразование. В результате, функция по распознаванию текста, применяемая на полученное изображение, с большей вероятностью выдает верные результаты.

*Ключевые слова:* распознавание текста, поиск контуров, перспективное преобразование, бинаризация, сегментация, эрозия, дилатация.

## DEVELOPMENT OF A DIGITAL PRODUCT IDENTIFICATION SYSTEM AT THE ENTERPRISE

A.A. Luchkina, V. Yu. Tarasova

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, : luchkina.angela2001@mail.ru, Valentina2008.91@mail.ru*

*The summary.* In this article, an algorithm and a system based on it for the digital identification of products at the enterprise are developed. Paint cans with the number and date of production indicated on the lids are considered as products. The task of the system being developed is to read from the image obtained using a camera located above the conveyor belt along which the cans of paint are moving, the number and date of production of a particular jar. The data received by the system is then entered into the enterprise database for product accounting. The algorithm under development includes two stages: image preprocessing for the purpose of higher-quality subsequent text recognition and recognition itself. These steps are implemented using OpenCV and IronOCR libraries. The main problem why it is impossible to immediately use the built-in function for text recognition is that this function does not give the expected results for those images where the text is not located horizontally, but with a slope at a random angle, therefore the main task of the algorithm is to find the text in the image and rotate it to the desired angle to horizontal therefore, the image undergoes the following processes: binarization, segmentation, erosion, dilation, search for the contour with the longest length and perspective transformation. As a result, the text recognition function applied to the resulting image is more likely to produce correct results.

*Keywords:* text recognition, contour search, perspective transformation, binarization, segmentation, erosion, dilation.

В настоящее время цифровая идентификация продукции стала ключевым элементом современной промышленности и торговли. С ростом объемов производства необходимость обеспечить эффективное управление продукцией становится все более актуальной. В этом контексте разработка системы цифровой идентификации продукции на предприятии представляет собой значимую задачу, которая способствует улучшению производственных процессов. Цифровая идентификация продукции производится с целью отследить каждую еди-

ницу продукции на всех этапах жизненного цикла. Это может быть полезно для обнаружения и предотвращения поддельной продукции, а также реагирования на возможные проблемы или отзывы [1].

В данной работе рассматриваются основные аспекты и принципы разработки такой системы.

В качестве продукции рассматриваются банки с краской, на крышках которых указаны номер и дата производства. Банки с краской плавно движутся по ленточному конвейеру. Расположенная над конвейером камера фиксирует изображение крышки и передает системе. Прежде чем произвести процесс идентификации, изображения подвергаются предварительной обработке, а именно поворот текста на нужный угол до горизонтального положения и устранение лишних шумов. Это необходимо для обеспечения точных результатов в последующем идентификационном процессе.

### Разработка алгоритма

На рисунке 1 представлены примеры изображений, которые могут поступать на вход системы.

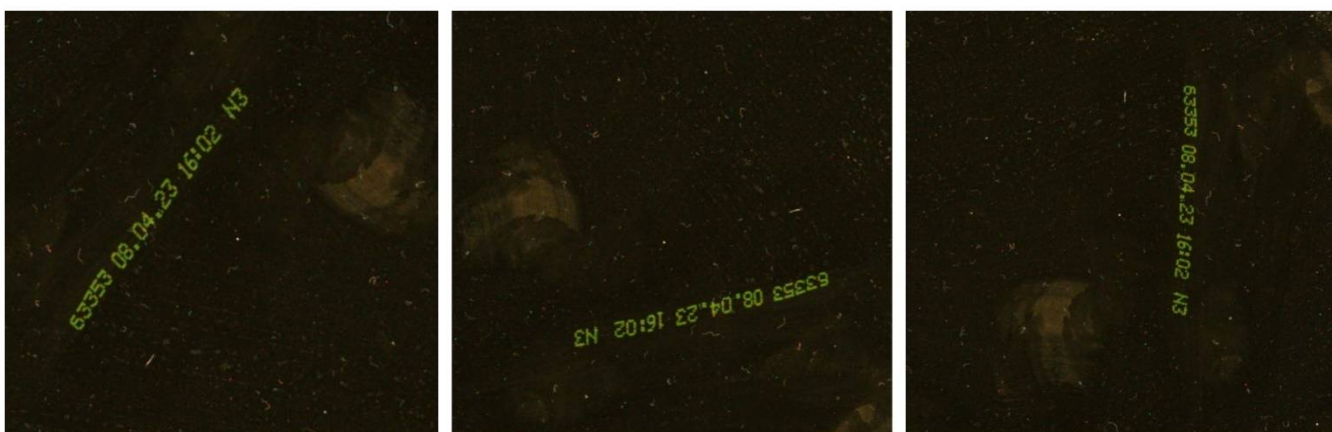


Рис. 1. Примеры входных изображений

Для распознавания текста на изображении с помощью библиотеки IronOCR часто применяется функция IronOCR.Read(). Однако, результаты её работы могут быть не всегда предсказуемы: иногда выводится случайный набор символов, не соответствующий оригинальному тексту, либо возвращается пустая строка. Это связано с тем, что текст на изображении часто не выровнен строго по горизонтали, а также изображение может содержать шумы, создающие помехи для процесса распознавания текста. Поэтому изображения следует предварительно обработать.

### Бинаризация

Бинаризация изображения – это процесс преобразования полноцветного или оттеночного изображения в изображение, состоящее только из двух цветов (черного и белого). Целью бинаризации является упрощение изображения для дальнейшей обработки, анализа или распознавания, делая его более удобным для компьютерной обработки. Результат бинаризации представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Исходное изображение после процесса бинаризации

### Сегментация

Сегментация изображения - это процесс разделения изображения на различные сегменты или области, где каждый сегмент представляет собой группу пикселей схожих по определенным характеристикам. Цель сегментации изображения заключается в выделении идентифицируемых объектов или областей для упрощения анализа изображения. В данном алгоритме используется пороговая сегментация.

Пороговая сегментация — это один из простых и распространенных методов сегментации изображений, основанный на применении порога для разделения пикселей на две группы. Одна группа пикселей считается "фоновой", а другая - "объектной", в зависимости от того, превышает ли интенсивность пикселя установленный пороговый уровень [2].

Результат сегментации представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Изображение после процесса сегментации

### Эрозия

Процесс эрозии используется для сужения, удаления маленьких объектов и разделения объектов в изображении. Он основан на использовании структурного элемента. Структурный элемент представляет собой небольшую форму, обычно квадратную или круглую, которая скользит по изображению и сравнивается с его пикселями.

Каждый пиксель изображения рассматривается в контексте структурного элемента. Если все пиксели, на которые влияет структурный элемент, имеют значение 1 (т.е. принадлежат объекту), то центральный пиксель также устанавливается в 1. В противном случае, если хотя бы один пиксель в структурном элементе имеет значение 0 (т.е. принадлежит фону), центральный пиксель устанавливается в 0 [3].

Результат процесса эрозии представлен на рисунке 4.

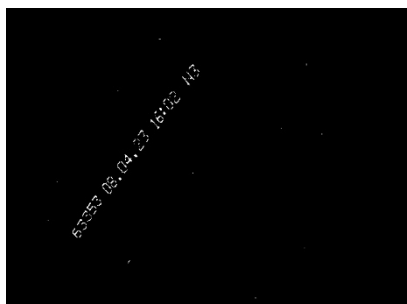


Рис. 4. Изображение после процесса эрозии

### Дилатация

Дилатация в обработке изображений – это операция, которая выполняется для расширения объектов на изображении и заполнения внутренних пустот в них. Она основана на использовании структурного элемента. Структурный элемент может иметь различную форму, например, квадрат, прямоугольник, круг и т. д. Он используется для сканирования изображения. Для каждого пикселя структурный элемент помещается поверх него и проверяет его окрестность. Пиксель заменяется на максимальное значение внутри окрестности структурного элемента. Это означает, что если хотя бы один пиксель в окрестности имеет значение 1 (или имеет светлую цветовую интенсивность), то текущий пиксель также становится равным 1 (или светлым). Если все пиксели окрестности имеют значение 0 (или темную цветовую интенсивность), то текущий пиксель остается без изменений [3].

Результат процесса дилатации представлен на рисунке 5.



Рис. 5. Изображение после процесса дилатации

Операция дилатации применяется к изображению, чтобы упростить процесс обнаружения контуров на нем.

Поиск контуров на изображении – это процесс нахождения замкнутых кривых или границ объектов на изображении. После их обнаружения на следующем шаге определяется контур с наибольшей длиной, то есть контур исходного текста, у которого определяется длина и ширина – параметры, необходимые для последующего перспективного преобразования изображения, в результате чего, исходный текст принимает горизонтальное положение.

Вычисление матрицы перспективного преобразования  $map\_matrix$  размера  $3 \times 3$  ( $dst$  – координаты соответствующих вершин четырехугольника в целевом изображении,  $src$  – координаты вершин четырехугольника в исходном изображении) [4].

$$\begin{bmatrix} t_i x'_i \\ t_i y'_i \\ t_i \end{bmatrix} = map\_matrix \cdot \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix},$$

где  $dst(i) = (x'_i, y'_i)$ ,  $src(i) = (x_i, y_i)$ ,  $i = 0, 1, 2, 3$ .

Применение перспективного преобразования к изображению, где  $M = map\_matrix$  [4].

$$dst(x, y) = src \left( \frac{M_{11}x + M_{12}y + M_{13}}{M_{31}x + M_{32}y + M_{33}}, \frac{M_{21}x + M_{22}y + M_{23}}{M_{31}x + M_{32}y + M_{33}} \right).$$

На следующем этапе к изображению, получившемуся после предварительной обработки (рис. 6), применяется функция по распознаванию текста.

Процесс распознавания текста на изображении состоит из нескольких этапов. Сначала происходит детектирование текста, то есть выделение регионов, где находится текст, на основе свойств текста, таких как цвет или контраст. Если текст содержит несколько символов, происходит их разделение на отдельные единицы. Далее применяются алгоритмы распознавания символов, которые определяют, какой символ представлен на изображении. Полученные результаты могут быть объединены в текстовую строку или другую форму выходных данных [5].



Рис. 6. Изображение после предварительной обработки

Протестировав разработанную систему, получают следующие результаты, представленные на рисунке 7.

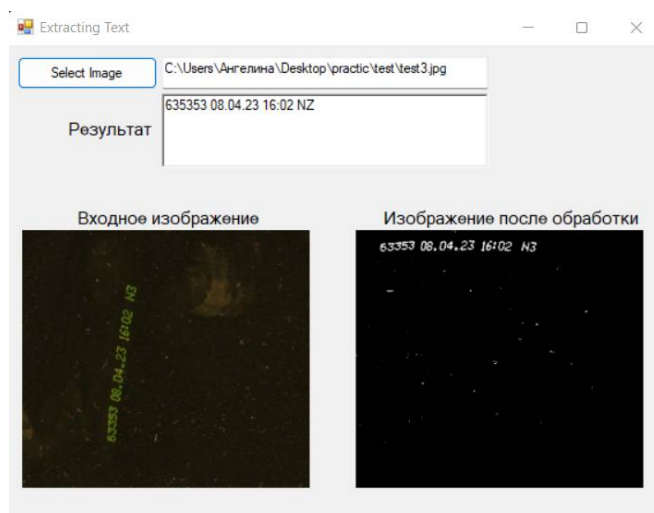


Рис. 7. Результаты тестирования системы

Как видно из вышеуказанного рисунка, функция по распознаванию текста, применяемая на выходное изображение после предварительной обработки, выдает ожидаемые результаты, что говорит о корректности разрабатываемой системы.



В заключение можно отметить, что разработанный алгоритм и система для цифровой идентификации продукции на предприятии представляют собой эффективное решение задачи считывания номера и даты производства с банок с краской. Полученные результаты свидетельствуют о потенциале данного подхода для улучшения производственных процессов и точности учета на предприятиях, осуществляющих производство продукции с уникальной идентификационной информацией.

### Библиографический список

1. Нгуен Ф.Б.Ч. Идентификация товаров в цифровой среде // Научные стремления. 2019. № 25. С. 66-68.
2. Потапова В.Ю. Разработка программных средств сегментации изображений // Методы и средства обработки и хранения информации. Межвузовский сборник научных трудов. Под ред. Б.В. Кострова. Рязань, 2018. С. 152 - 155.
3. Минаев Д.П., Алексеев В.А., Корсунский Н.А. Метод выделения границ объектов на сложноструктурируемых изображениях с использованием морфологических операторов // Программная инженерия: современные тенденции развития и применения. - 2019. - №3. - С. 144-150.
4. Geometric Image Transformations // OpenCV URL: <https://docs.opencv.org/4.x/index.html> (дата обращения: 20.10.2023).
5. Иванов Н.А., Прокуров Д.А., Родионов В.С., Федюнин Р.Н., Щетинин К.А. Технологии осп для преобразования графической информации в текстовую // Вестник Пензенского государственного университета. 2021. № 3 (35). С. 85 -88.

УДК 004.934; ГРНТИ 28.23.37

## РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТИ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕК VOSK И KALDI

О.В. Мельник, С.И. Бабаев, М.Н. Сараев

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, MixailR@mail.ru*

*Аннотация.* В работе представлена конфигурация системы распознавания речи с помощью библиотек VOSK и Kaldi, на основе языковой модели, обученной с помощью нейросети.

*Ключевые слова:* распознавание речи, языковая модель, нейросети, Kaldi, VOSK.

## SPEECH RECOGNITION BASED ON A NEURAL NETWORK USING THE VOSK AND KALDI LIBRARY

O.V. Melnik, S.I. Babaev, M.N. Saraev

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, MixailR@mail.ru*

*The summary.* The work presents the configuration of a speech recognition system using the VOSK and Kaldi libraries, based on a language model trained using a neural network.

*Keywords:* speech recognition, language model, neural networks, Kaldi, VOSK.

### Введение

Алгоритмы обработки информации для нейросетей находят обширное применение в настоящее время. Все большее внимание уделяется технологиям интерактивного взаимодействия человека и персональных умных устройств, например управления автомобилем, голосовые помощники и т.д. Одним из таких направлений является распознавание голосовых команд человека и речи в целом. В будущем, важным параметром коммуникации между человеком и умным устройством будет являться способность устройства воспринимать и понимать эмоциональную составляющую общения с человеком, что является следующим шагом в распознавании речи. В статье мы рассмотрим, структуру и конфигурацию фреймворков VOSK и Kaldi, на основе которых возможно написание программы для распознавания ау-

диоданных, в том числе речи. Данные библиотеки имеют открытый исходный код и свободны для использования.

### Постановка задачи

С помощью библиотеки VOSK написать программу для распознавания русской речи в режиме реального времени при помощи микрофона. Использовать минимально возможное количество оперативной памяти устройства. Использовать среду разработки PyCharm, язык программирования Python.

Рассмотреть языковые модели, предварительно обученные с помощью нейронных сетей, выбирать одну модель для распознавания русской речи. Для успешного анализа данных и корректной интерпретации результатов будет необходимо подобрать правильную конфигурацию библиотек.

В результате выполнения этих действий получаем систему распознавания русской речи, использующую незначительные ресурсы компьютера, работающую в режиме оффлайн, способную распознавать речь в режиме реального времени.

### Концептуальная модель системы распознавания речи

Концептуальная модель распознавания речи на основе библиотек VOSK и Kaldi, представляет собой обработку на входе потока аудиоданных с помощью библиотеки на языке Python PyAudio. Далее с помощью библиотеки Kaldi Recognizer происходит первичная обработка аудиосигнала. По первичным акустическим признакам с помощью библиотеки VOSK происходит распознавание речи, которое основано на языковой модели. Языковая модель предварительно обучена с помощью нейросети [1]. Концептуальная модель системы распознавания речи VOSK представлена на рисунке 1.

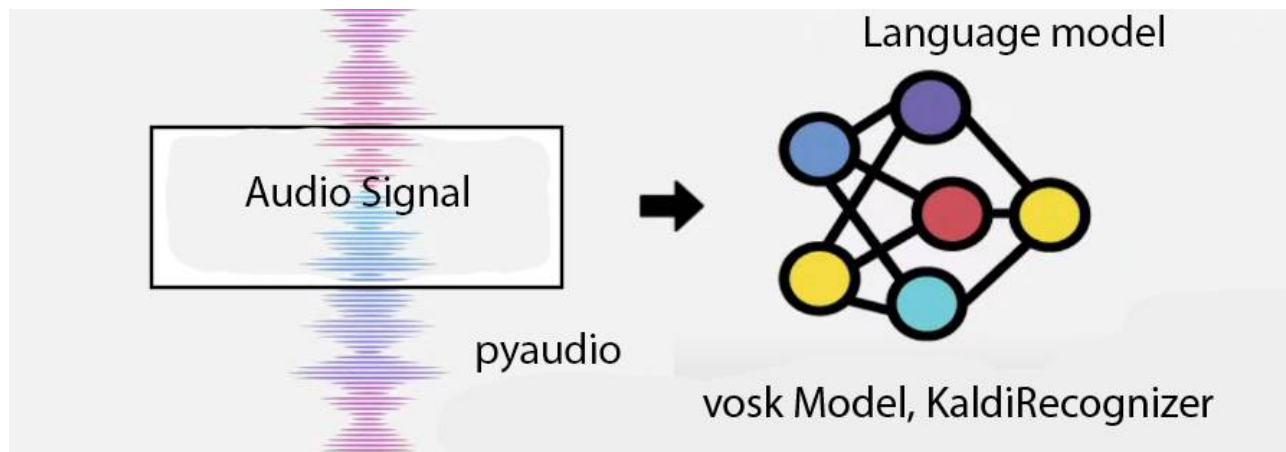


Рис. 1. Концептуальная модель системы распознавания речи VOSK

VOSK — это набор инструментов для распознавания речи и открытая программная библиотека. Поддерживает более 20 языков и диалектов: английский, индийский английский, немецкий, французский, испанский, португальский, китайский, русский, турецкий, вьетнамский, итальянский, голландский, каталанский, арабский, греческий, фарси, филиппинский, украинский, казахский, шведский, японский, эсперанто, хинди, чешский, польский, узбекский, корейский, бретонский, гуджарати [2].

Работает в автономном режиме даже на легких устройствах — Raspberry Pi, Android, iOS. Портативные модели с поддержкой каждого языка весят всего 50 МБ каждая, но доступны гораздо более крупные серверные модели. Предоставляет потоковый API для лучшего взаимодействия с пользователем (в отличие от популярных пакетов Python для распознава-

ния речи). Позволяет быстро реконфигурировать словарный запас для максимальной точности. Поддерживает идентификацию говорящего помимо простого распознавания речи [3].

Kaldi Recognizer – распознавание с помощью Kaldi – это набор инструментов для распознавания речи с открытым исходным кодом, написанный на C++ для распознавания речи и обработки сигналов, который доступен бесплатно по лицензии Apache v2.0. Цель Kaldi — предоставить гибкое и расширяемое программное обеспечение и предназначенное для использования исследователями автоматического распознавания речи (Automatic Speech Recognition) для создания системы распознавания [4].

Kaldi способен генерировать такие функции, как mfcc, fbank, fMLLR. Следовательно, в недавних исследованиях глубоких нейронных сетей популярное использование Kaldi заключается в предварительной обработке необработанных сигналов в акустические характеристики для сквозных нейронных моделей.

### **Выбор языковой модели**

Языковая модель – это вероятностное распределение для последовательностей слов. Она оценивает вероятность всей последовательности слов заданной длины. Для создания этих вероятностей языковые модели обучаются на текстовых данных на разных языках. Из-за огромного числа возможных верных предложений языковое моделирование сталкивается с проблемой присвоения вероятностей лингвистически верным, но редким последовательностям слов. Для решения этой проблемы используются различные подходы, такие как марковские цепи, рекуррентные нейронные сети и трансформеры [5].

VOSK — библиотека распознавания речи которая позволяет подключить различные языковые модели, которых несколько десятков. Для русского языка присутствуют четыре готовые и обученные модели,

- vosk-model-ru-0.42 на 1.8G;
- vosk-model-small-ru-0.22 на 45M;
- vosk-model-ru-0.22 на 1.5G;
- vosk-model-ru-0.10 на 2.5G.

В данной работе выберем минимальный по объему занимаемой памяти в 45 Мбайт – vosk-model-small-ru-0.22 (в действительности 87 Мбайт).

Преимущества использования готовой и обученной языковой модели, в том, что при запуске программы модель загружается в оперативную память компьютера, не требует подключения к интернету, содержит минимальное количество ошибок распознавания речи.

### **Система распознавания речи**

Для работоспособности фреймворка VOSK необходимо импортировать следующие библиотеки, представленные на рисунке 2:

- Json – JavaScript Object Notation;
- Pyaudio – для работы с аудио записью для Python;
- Vosk – Model – для загрузки языковой модели;
- Vosk – KaldiRecognizer – для распознавания речи;

```

1 # Speech recognition for Russian language 2024 Ryazan
2 # Vosk is a speech recognition toolkit
3 # https://alphacephei.com/vosk/
4
5 # import block
6 import json
7 import pyaudio
8 from vosk import Model, KaldiRecognizer

```

Рис. 2. Блок импорта библиотек

Для использования системы распознавания настроим языковую модель для фреймворка VOSK согласно мануалу, что представлено на рисунке 3.

```

10 # Select recognition system model
11 # vosk-model-small-ru-0.22
12
13 model_rus = Model('small_model_russian')
14 record_speech = KaldiRecognizer(model_rus, 16000)
15 python_audio = pyaudio.PyAudio()
16 stream_audio = python_audio.open(format=pyaudio.paInt16, channels=1, rate=16000, input=True, frames_per_buffer=8000)
17 stream_audio.start_stream()

```

Рис. 3. Блок языковой модели и загрузки аудиоданных

Установим следующие параметры для работы с моделью:

- загружаем малую языковую модель на 87 Мбайт;
- используем функцию KaldiRecognizer со ставкой семплирования (дискретизации) со значение 16000 семплов в секунду;
- аудио сигнал будет преобразовывается с микрофона в режиме реального времени при помощи «пайтон аудио»;
- поток аудио будет иметь следующие параметры: формат типа paInt16, канал записи в количестве 1, ставка семплирования 16000, вход – включен, рамки для каждого кадра буфера равны 8000.

*Функция распознавания речи*

Описание функции распознавания речи представлено на рисунке 4:

```

19 # Function for speech recognition
20 def Speech_recognition():
21     while True:
22         audio_data = stream_audio.read(4000, exception_on_overflow=False)
23         if (record_speech.AcceptWaveform(audio_data)) and (len(audio_data)>0):
24             result_recording = json.loads(record_speech.Result())
25             if result_recording['text']:
26                 yield result_recording['text']

```

Рис. 4. Блок модели распознавания речи

Установим следующие параметры для работы с моделью:

- условия для работы – пока идет сигнал с микрофона (True), тогда выполнить следующее;
- запись аудио потока с параметром `CHUNK_SIZE = 4000`;
- если поток записи больше нуля, то производить распознавания речи для «кусочка аудио» размером в 4000;

Блок записи вывода текста с помощью генератора списка, представлен на рисунке 5. В данном блоке представлены несколько служебных команд для завершения работы программы и ответа на несколько вопросов.

```
28 # Use the model SR
29 for text in Speech_recognition():
30     if text == 'завершить':
31         print("Обнаружена служебная команда")
32         print("Завершение работы программы")
33         quit()
34     elif text == 'радик':
35         print("Обнаружена служебная команда")
36         print('Рязанский Государственный Радиотехнический Университет им. В.Ф. Уткина')
37     elif text == 'лучшая кафедра':
38         print("Обнаружена служебная команда")
39         print('ЗВМ')
40     elif text == 'какой сейчас год':
41         print("Обнаружена служебная команда")
42         print('2024')
43     else:
44         print(text)
```

Рис. 5. Блок вывода текста

В программе записаны различные служебные команды:

- радик;
- лучшая кафедра;
- какой сейчас год;
- завершить – прекращение работы программы;

Результат выполнения программы представлен на рисунке 6.

```
добрый вечер
Обнаружена служебная команда
2024
Обнаружена служебная команда
ЗВМ
Обнаружена служебная команда
Рязанский Государственный Радиотехнический Университет им. В.Ф. Уткина
Обнаружена служебная команда
Завершение работы программы

Process finished with exit code 0
```

Рис. 6. Результат распознавания служебных команд

### Заключение

В статье рассмотрена задача построения системы распознавания речи, которая состоит из входа аудиоданных в режиме реального времени, на русском языке, и выхода текстового сообщения. Система распознавания речи способна работать в режиме оффлайн, данная конфигурация системы показала хорошие результаты распознавания речи без сильных фоновых помех, занимает относительно небольшой объем памяти в размере 165 Мбайт. Из недостатков стоит отметить невозможность фреймворка **VOSK** (в данной конфигурации) распознавать знаки препинания, а также с ростом фонового шума, увеличивается количество ошибок в распознавании речи.

### Библиографический список

1. Тампель И.Б., Карпов А.А. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 138 с.
2. vosk [Электронный ресурс]. URL: [https:// alphacephei.com/vosk/](https://alphacephei.com/vosk/) (дата обращения: 09.02.2024 г.)
3. vosk-api [Электронный ресурс]. URL: [https:// github.com/alphacep/vosk-api](https://github.com/alphacep/vosk-api) (дата обращения: 10.02.2024 г.)
4. Kaldi [Электронный ресурс] // Wikipedia. The Free Encyclopedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kaldi\\_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Kaldi_(software)) (дата обращения: 11.02.2024 г.)
5. Языковая модель [Электронный ресурс] // Wikipedia. The Free Encyclopedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Language\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Language_model) (дата обращения: 27.02.2024 г.)

УДК 004.021; ГРНТИ 50.07

## ПРИМЕНЕНИЕ БИНАРНОГО БАЗИСА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Е.А. Трушина

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, trushina-ea@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматривается метод обработки изображений с использованием бинарного базиса для передачи по каналам связи. Приводится принцип построения бинарных базисов, удовлетворяющих необходимым условиям. Рассмотрены особенности обработки полутоновых ландшафтных изображений перед кодированием. Приведены в общем виде алгоритмы прямого и обратного преобразования, которые могут использоваться для дальнейшей передачи или хранения информации. Представлены результаты реализации данного метода для экспериментальных данных, включая промежуточные состояния, иллюстрирующие этапы преобразований.

*Ключевые слова:* обработка изображений, бинарный базис, ортогональный базис, MATLAB кодирование, передача данных.

## APPLICATION OF BINARY BASIS FOR IMAGE PROCESSING

E.A. Trushina

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, trushina-ea@yandex.ru*

*The summary.* The paper discusses a method of image processing using a binary basis for transmission over communication channels. The principle of constructing binary bases that satisfy the necessary conditions is given. The features of processing halftone landscape images before encoding are considered. Algorithms for direct and inverse conversion are presented in general form, which can be used for further transmission or storage of information. The results of implementing this method for experimental data, including intermediate states illustrating the stages of transformations, are presented.

*Keywords:* image processing, binary basis, orthogonal basis, MATLAB, coding, data transmission.

Информационная структура современного общества в настоящее время имеет весьма сложную организацию. Передача данных производится различными методами и рассчитана на огромное количество потребителей. Данные, передающиеся по каналам связи, имеют самое разнообразное содержание и могут быть представлены в любом из многочисленных форматов.

При организации процессов хранения и передачи необходимо учитывать, что не вся информация является публичной. В случае утечки личной или конфиденциальной коммерческой информации ее владельцу будет нанесен репутационный или материальный вред.

Таким образом, существует необходимость в применении таких методов, способов и технологий обработки информации, которые будут соответствовать требованиям по обеспечению безопасности данных, их защите от несанкционированного доступа, копирования, распространения и других неправомерных действий.

В данной области проведено множество исследований, получены результаты при использовании помехоустойчивого кодирования информации на различных этапах передачи в системах связи [1]. В работе рассмотрено решение задачи обеспечения конфиденциальности и помехоустойчивости при кодировании данных источника с использованием ортогонального бинарного базиса для передачи ландшафтных изображений.

### Построение базиса и подготовка изображения

Базис, применяемый для обработки изображений, должен отвечать требованиям ортогональности и ортонормированности [2, 3, 4]. В случае бинарного базиса выполнение этого условия гарантирует целостность структуры исходного бинарного сигнала [5].

$$\sum_{j=1}^N h_{ij} \times h_{ji} = \begin{cases} 0, & \text{если } i \neq j, \\ 1, & \text{если } i = j, \end{cases} \quad (1)$$

где  $i, j = \overline{1, N}$ .

Бинарные матрицы  $H_i$  и  $H_j$  для векторов  $h_{ij}$  и  $h_{ji}$  будут формироваться с помощью последовательности случайных чисел от 1 до  $N$ , не повторяющихся на заданном диапазоне. Построенные матрицы будут удовлетворять условию

$$H_i H_j = E, \quad (2)$$

где  $E$  – единичная матрица.

В соответствии с вышеизложенным, прямое и обратное преобразования можно представить следующим образом:

$$F = H_i G, \quad G = H_i^T F \quad \text{или} \quad G = H_j F, \quad (3)$$

где  $G$  – матрица исходного сигнала.

Возможность применения бинарного базиса для обработки бинарных текстовых изображений была ранее рассмотрена и экспериментально подтверждена [5]. В данной работе необходимо проверить гипотезу о применимости бинарного базиса непосредственно к преобразованиям полутоновых ландшафтных изображений.

В случае передачи бинарного изображения предварительной подготовки данных не требуется, однако для преобразования полутонового изображения необходимо изменить диапазон значений матрицы яркостей. Исходное изображение имеет диапазон значений яркости от 0 до 255. Для бинаризации данных можно использовать метод разбиения матрицы яркостей на битовые плоскости [6].



Согласно данному методу преобразование матрицы яркостей в битовый формат можно представить следующим образом:

$$G_{(N \times N)_{10}} = G_{((N \cdot 8) \times N)_2}, \quad (4)$$

где  $G$  – матрица яркостей исходного изображения,  $N \times N$  – размер матрицы.

После перевода значений яркости из десятичного вида в 8-битный двоичный реализуется собственно разбиение матрицы на битовые плоскости:

$$B_{N \times N}^k = \begin{pmatrix} g_{1,k} & g_{1,k+8} & \cdots & g_{1,k+8 \cdot N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{N,k} & g_{N,k+8} & \cdots & g_{N,k+8 \cdot N} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где  $B$  – матрица битовой плоскости,  $k = \overline{1,8}$  – номер разряда байта формируемой плоскости,  $g$  – значение бита.

Полученные в результате подготовки данные можно использовать непосредственно для преобразования с помощью бинарного базиса. Так как одномерное преобразование в зависимости от структуры передаваемого изображения может содержать крупные объекты, наличие которых будет достаточно очевидным, для повышения степени конфиденциальности передаваемой информации рекомендуется использовать двумерное прямое и обратное преобразование в соответствии с формулами [5]:

$$F = H_i G H_j, \quad G = H_j F H_i. \quad (6)$$

### **Алгоритмы прямого и обратного преобразований полутонового изображения с помощью бинарного базиса**

В общем виде алгоритм прямого преобразования можно представить следующим образом:

- 1) генерация бинарного базиса, соответствующего условиям;
- 2) разбиение исходного полутонового изображения на битовые плоскости;
- 3) одномерное преобразование каждой битовой плоскости с помощью сгенерированного бинарного базиса;
- 4) повторное преобразование каждой битовой плоскости с помощью сгенерированного бинарного базиса для повышения надежности;
- 5) создание битового потока для передачи по каналу связи.

Алгоритм обратного преобразования потока на приемной стороне будет иметь обратный порядок действий:

- 1) разбиение принятого потока на битовые плоскости;
- 2) одномерное преобразование каждой битовой плоскости с помощью бинарного базиса;
- 3) повторное преобразование каждой битовой плоскости с помощью бинарного базиса;
- 4) восстановление изображения путем объединения битовых плоскостей.

### **Преобразование полутонового изображения**

Экспериментальная проверка предложенного метода проводилась в среде MATLAB. В качестве примера было взято исходное полутоновое ландшафтное изображение размером  $256 \times 256$ . Для преобразования использовался сгенерированный бинарный ортогональный базис соответствующего размера, удовлетворяющий условиям ортогональности и ортонормированности (рисунок 1).



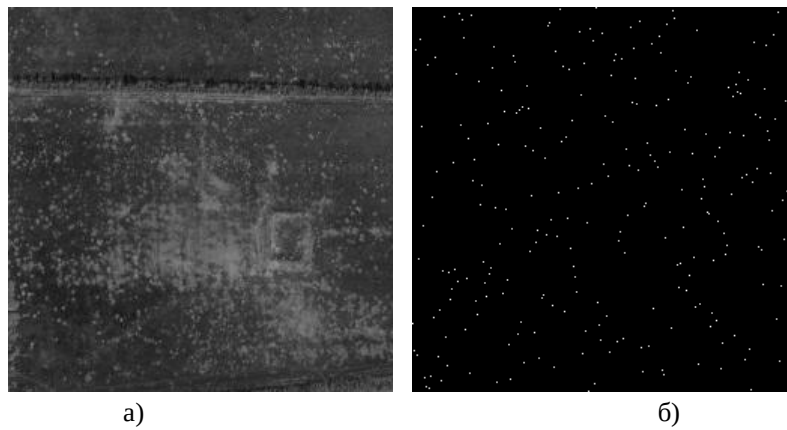
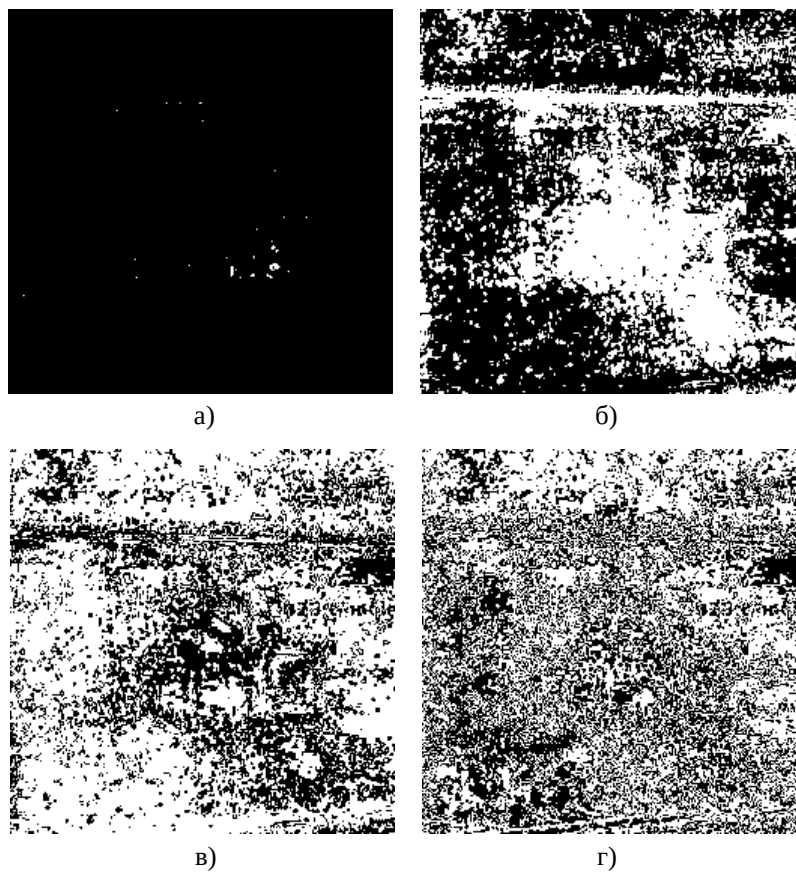


Рис. 1. Исходные данные для преобразования:  
а) исходное полутоновое изображение размером  $256 \times 256$ ;  
б) построенный бинарный базис размером  $256 \times 256$

Исходное изображение было разбито на битовые плоскости, результат разбиения представлен на рисунке 2.



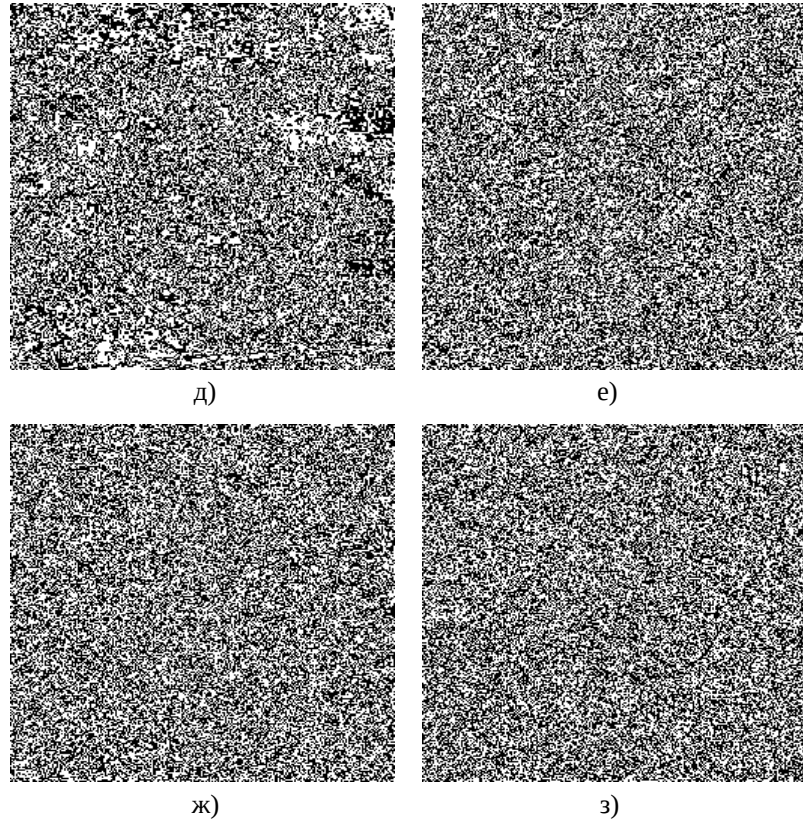


Рис. 2. Разбиение исходного полутонового изображения на битовые плоскости:  
а) – з) от старшего бита до младшего

Результат двумерного преобразования битовых плоскостей с помощью бинарного базиса в виде битового потока представлен на рисунке 3.

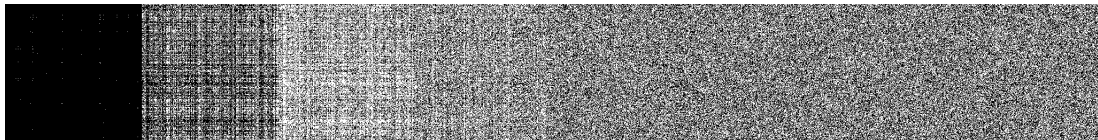
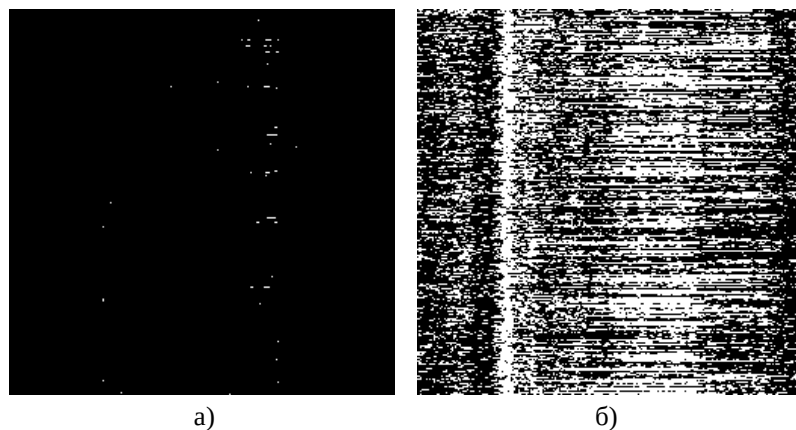


Рис. 3. Битовый поток для передачи по каналу связи

На приемной стороне данный битовый поток должен быть разделен на отдельные плоскости для применения обратного преобразования. На рисунке 4 представлен результат одномерного преобразования битовых плоскостей с помощью бинарного базиса.



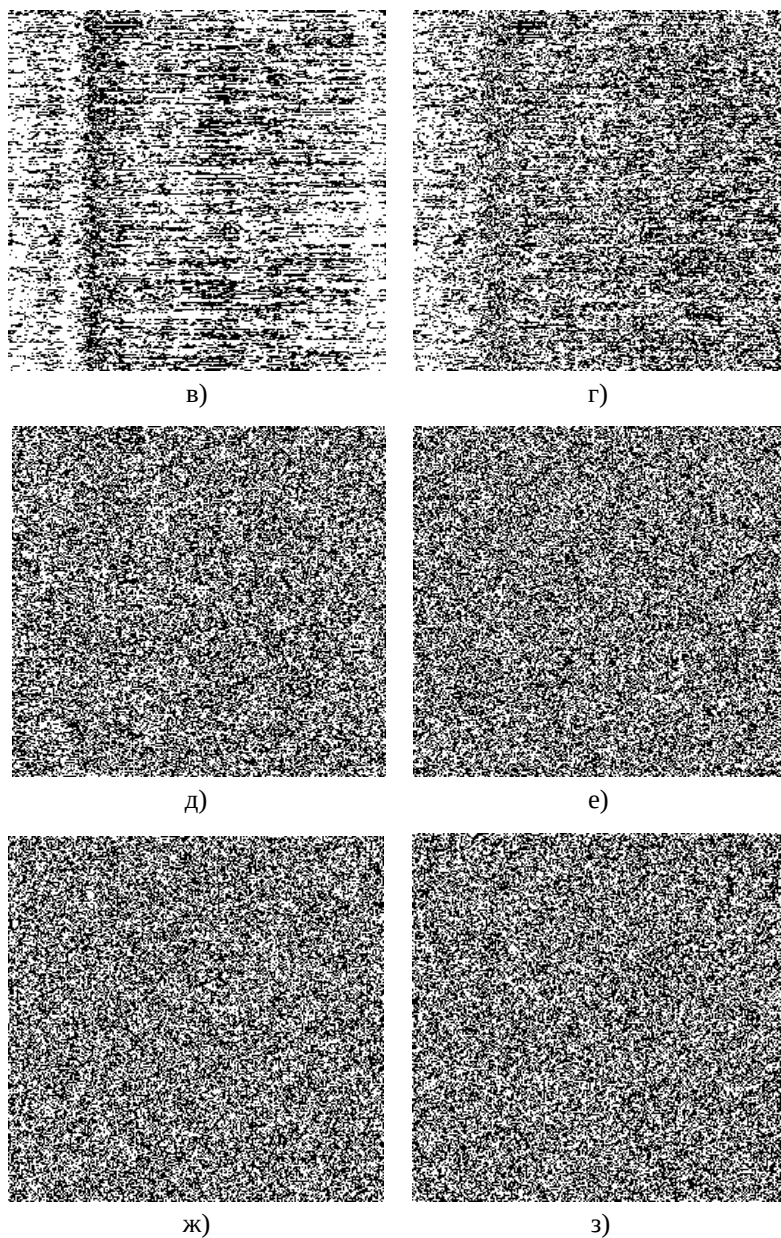


Рис. 4. Результат одномерного преобразования битовых плоскостей принятого потока:  
а) – з) от старшего бита до младшего

В результате применения двумерного преобразования и объединения битовых плоскостей было получено восстановленное изображение с СКО = 0 (рисунок 5).



Рис. 5. Восстановленное изображение (СКО = 0)

Данные, полученные в ходе проведения исследования, соответствуют гипотезе. Таким образом, приведенный пример показывает, что рассмотренный метод преобразования с помощью ортогонального бинарного базиса подходит для ландшафтных изображений и может применяться для обработки данных в целях дальнейшей передачи по каналу связи, а также хранения информации в преобразованном виде.

### Библиографический список

1. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М. : Техносфера, 2006. 616 с.
2. Светлов Г.В., Суменков Н.А., Костров Б.В., Гринченко Н.Н., Трушина Е.А. Построение ортогонального базиса на основе псевдослучайных последовательностей. – Вестник Концерна ВКО "Алмаз – Антей". 2020. № 4 (35). С. 95-100.
3. Суменков Н.А., Костров Б.В., Гринченко Н.Н., Трушина Е.А. Применение шумоподобного ортогонального преобразования для передачи и обработки изображений. – Вестник Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны. 2021. № 2 (13). С. 168-175.
4. Трушина Е.А. Применение ортогонального базиса на основе M-последовательностей для передачи серии изображений. – Новые информационные технологии в научных исследованиях. Материалы XXVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. В 2-х томах. Рязань, 2022. С. 50-52.
5. Костров Б.В., Гринченко Н.Н., Баранова С.Н., Трушина Е.А., Вьюгина А.А. Ортогональное кодирование бинарных изображений. – Вестник Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны. 2023. № 2 (21). С. 82-87.
6. Костров Б.В., Гринченко Н.Н., Баранова С.Н., Трушина Е.А., Вьюгина А.А. Бинаризация текстовых изображений на основе технологии битовых плоскостей. – Вестник Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны. 2023. № 2 (21). С. 75-81.

УДК 004.438; ГРНТИ 28.17

## ПРОЦЕДУРНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ЛАНДШАФТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШУМА ПЕРЛИНА

Н.А. Назаров, С.Н. Баранова

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, [bvcprem2805@gmail.com](mailto:bvcprem2805@gmail.com)*

*Аннотация.* Целью исследования является обзор возможности процедурной генерации ландшафта с использованием шума Перлина. Алгоритм основывается на применении векторов и их интерполяции. Реализация алгоритма проводится с помощью среды разработки Unity и языка программирования C#. Полученные результаты приводят к выводу, что шум является эффективным инструментом для создания разнообразных и натурально выглядящих ландшафтов.

*Ключевые слова:* процедурная генерация, шум Перлина, Unity, C#.

## PROCEDURAL LANDSCAPE GENERATION USING THE NOISE OF PERLIN

N.A. Nazarov, S.N. Baranova

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, [bvcprem2805@gmail.com](mailto:bvcprem2805@gmail.com)*

*The summary.* The purpose of the study is to review the possibility of procedural landscape generation using Perlin noise. The algorithm is based on the use of vectors and their interpolation. The algorithm is implemented using the Unity development environment and the C# programming language. The results obtained lead to the conclusion that noise is an effective tool for creating diverse and natural-looking landscapes.

*Keywords:* procedural generation, Perlin noise, Unity, C#.

Процедурная генерация представляет собой важное направление исследований в области компьютерной графики. В последние десятилетия она стала ключевым инструментом в разработке компьютерных игр и визуализации. Этот метод позволяет динамически создавать разнообразные элементы, такие как уровни, ландшафты, текстуры, предметы без необходимости ручного моделирования каждой детали. Применение процедурной генерации ландшафта включает в себя возможность создание условно бесконечного мира, экономию времени и ресурсов разработчиков, уникальность и разнообразие контент, а также способность проводить эксперименты и исследования.

Целью исследования является обзор возможности процедурной генерации ландшафта с использованием шума Перлина. Шум Перлина представляет собой математический алгоритм, используемый для генерации процедурных текстур. Он был создан Кеном Перлином в 1983 году и получил широкое распространение в индустрии компьютерной графики. Этот метод позволяет создавать псевдослучайные вариации текстур с различными уровнями детализации и сложности, что придает поверхностям в компьютерной графике более реалистичный вид. Шум Перлина применяется для увеличения визуального интереса и реализма визуальных эффектов, таких как дым, туман, огонь, а также для создания текстур для моделей объектов. Пример текстуры представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Шум Перлина на текстуре

Одним из ключевых преимуществ шума Перлина является его легкость в управлении размером и формой деталей текстуры. Это позволяет легко адаптировать шум для различных потребностей в генерации текстур, делая его широко используемым в компьютерной графике.

### Анализ алгоритма

Основная идея состоит в том, что он создаётся с помощью векторов, направленных в каждой точке сетки, и их интерполяции. Вот как это происходит поэтапно:

1. Создание сетки узлов: сначала создаётся сетка узлов (или точек) в двумерном пространстве. Каждый узел имеет свои координаты  $(x_i, y_i)$ .
2. Генерация случайных векторов: для каждого узла сетки генерируется случайный вектор со значением в диапазоне от 0 до 1. Этот вектор определяет направление из центра узла в случайную точку (1).

$$\vec{v}_i = (v_{xi}, v_{yi}), \quad (1)$$

где  $v_{xi}, v_{yi}$  – случайные числа от 0 до 1.

3. Разбиение на клетки: двумерное пространство разбивается на квадраты, в каждой из которых содержится по одному узлу сетки.

4. Интерполяция: для определения значения шума в произвольной точке пространства сначала находится клетка, содержащая эту точку. Затем находятся угловые точки клетки и вычисляются значения шума в этих точках. Значение шума в произвольной точке определяется интерполяцией значений шума в угловых точках. Для того, чтобы шум получился сглаженным, могут использоваться различные варианты интерполяции, представленные на рисунке 2 [3].

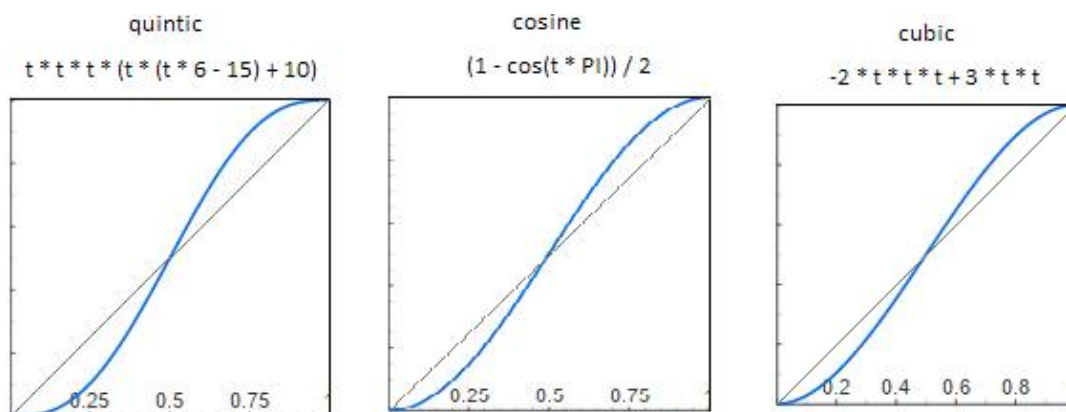


Рис. 2. Варианты интерполяции

5. Параметры шума: параметры, такие как частота, амплитуда и детализация, могут быть настроены для создания нужного вида шума.

Этот процесс позволяет создавать текстуры и формы с естественным, органическим видом.

### Реализация генерации

В качестве инструментов будет использоваться кроссплатформенная среда разработки компьютерных игр Unity и язык программирования C# для написания скриптов.

В качестве компонента для создания ландшафта был выбран Terrain, представляющий собой специальный тип объекта, который управляет отображением ландшафта. К которому впоследствии был привязан скрипт TerrainGenerator.cs. Он содержит в себе следующие параметры:

- ‘width’ — ширина ландшафта в точках,
- ‘height’ — высота ландшафта в точках,
- ‘scale’ — масштаб шума Перлина, влияет на детализацию ландшафта,
- ‘maxHeight’ — максимальная высота ландшафта.

Поле ‘texture’ — текстура, которая будет использоваться для наложения на ландшафт.

Ниже была приведена часть кода, метод [2] для создания карты высот с использованием шума Перлина.

```
private float[,] GenerateHeights()
{
    float[,] heights = new float[width, height];

    for (int y = 0; y < height; y++)
    {
        for (int x = 0; x < width; x++)
        {
            float xCoord = (float)x / width * scale;
            float yCoord = (float)y / height * scale;
```



```
        float sample = Mathf.PerlinNoise(xCoord, yCoord);
        heights[x, y] = sample;
    }
}
return heights;
}
```

Функция `Mathf.PerlinNoise` является встроенной в движок.

Для представления поверхности в Unity используется сетка (grid), которая состоит из вершин (vertex) [1]. Каждая вершина сетки получает высоту, соответствующую значению пикселя из изображения высот. Это делается путем преобразования координаты вершины в координаты пикселя на изображения и выбора значения высоты из пикселя. Важно отметить, что 1 пиксель  $\approx$  1 метру в сцене (Scene) Unity. В результате получается сетка ландшафта с заданными параметрами: `width = 512`, `height = 512`, `scale = 10`, `max height = 20`, представленная на рисунке 3.

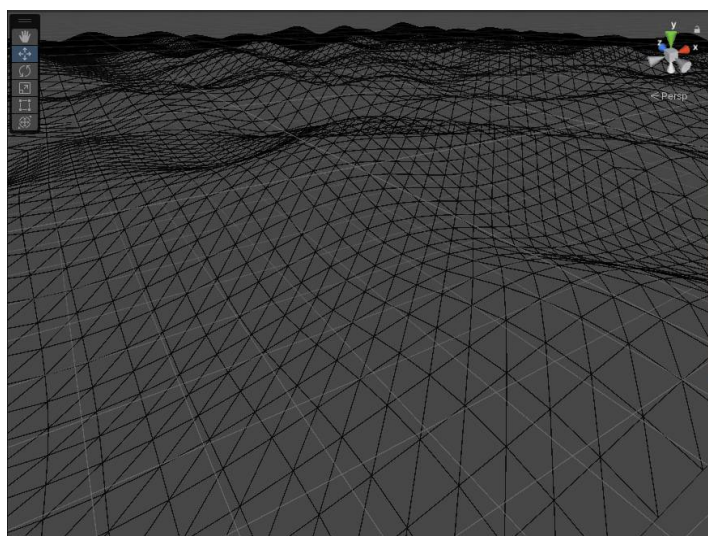


Рис. 3. Сетка наложенная на Terrain

Далее для придания реалистичности и разнообразия на ландшафт, была наложена текстура травы. Для добавления текстуры на поверхность используются координаты UV-сетки (UV mapping). Конечный результат представлен на рисунке 4.

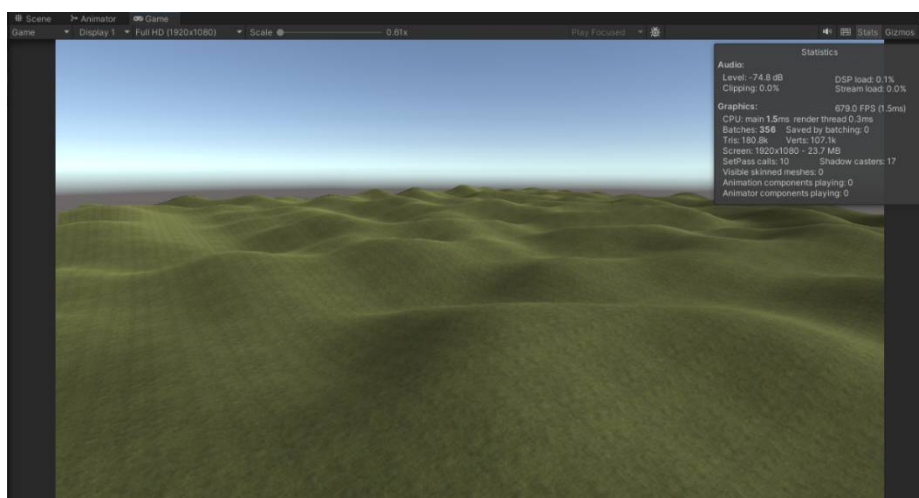


Рис. 4. Процедурно сгенерированный ландшафт

В результате исследования был изучен принцип процедурной генерации и шум Перлина. Было установлено, что шум является эффективным инструментом для создания разнообразных и натурально выглядящих ландшафтов. Также реализован и протестированный рабочий генератор в среде разработки Unity. Полученные результаты демонстрируют возможность создания разнообразных ландшафтов с помощью данного метода. Таким образом, использования шума для генерации ландшафта является эффективным подходом, который может применяться в различных областях компьютерной графики и игровой индустрии.

Дальнейшее направление исследований направлено на модернизацию генератора, с целью возможности генерации бесконечных ландшафтов. Также при генерации можно изменять различные текстуры и придать реалистичность ландшафта за счет использования снимков земли с выделенными картами высот.

### Библиографический список

1. Корнилов А.В. UNITY. Полное руководство / А.В. Корнилов. СПб.: Издательство Наука и техника, 2021 - 496 с.
2. Евдокимов П.В., Дубовик Е.В. Справочник C#. Кратко, быстро, под рукой / П.В. Евдокимов, Е.В. Дубовик СПб.: Издательство Наука и Техника, 2023 – 336 с.
3. Компьютерная графика, статья Шум Перлина Моисенко Дмитрий: [сайт]. [2023]. URL: <https://grafika.me/node/446> (дата обращения 24.02.2024).

УДК 004.4; ГРНТИ 50.41.25

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ КУЛЬТУРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

**В.В. Костикова, А.Ю. Громов**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, vika2000k@gmail.com*

*Аннотация.* В работе рассматривается анализ процессов для проектирование информационной системы для проведения дистанционных культурных мероприятий. Приводится основное описание процессов, риски, закрываемые цифровизацией и метрики мониторинга закрытия рисков. Создано концептуальное описание проектируемой системы и выявлены функции, которыми будет обладать информационная система. Рассмотрены алгоритмы фотограмметрии.

*Ключевые слова:* информационная система (ИС), музей, виртуальные технологии, фотограмметрия.

## DESIGNING AN INFORMATION SYSTEM FOR CONDUCTING REMOTE CULTURAL EVENTS

**V.V. Kostikova, A.Yu. Gromov**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, vika2000k@gmail.com*

*The summary.* This paper discusses the process analysis for the design of an information system for remote cultural events. The basic description of processes, risks closed by digitalization and metrics of risk closure monitoring are given. A conceptual description of the system to be designed is created and the functions that the information system will have are identified. Algorithms of photogrammetry are considered.

*Keywords:* information system (IS), museum, virtual technologies, photogrammetry.

В настоящее время виртуальные технологии и технологии дополненной реальности используется повсеместно, от медицины до мест культуры. Область культуры является одним из самых обширных объектов исследования для внедрения виртуальных технологий.



К тенденциям развития виртуальных технологий относятся создание интерактивных стендов, виртуальных туров, QR-кодов и 3D моделей. В рамках работы углубленное рассмотрена тенденция развития и создания 3D моделей - фотограмметрии.

В качестве проблем исследуемой области выделяются две основные: проблема отсутствия достаточного количества экспонатов, пригодных для создания их 3D модели и проблема создания самих моделей.

### Анализ бизнес процесса

Использование виртуальных технологий для проведения дистанционных культурных мероприятий рассмотрено в качестве части процесса сбора и хранения экспонатов и проведения выставок на примере музейной деятельности. Целью основного процесса является произвести прием новых экспонатов и определить неиспользуемые в архив.

Цифровизация объектов культурного наследия помогает закрыть риски утери документов по экспонатам, в связи с тем, что их хранение происходит только в бумажном виде и риска культурной деградации и незинтересованности граждан.

В качестве основных **метрик** процесса можно выделить процент перевода документации в электронный вид. Текущее измерение процесса — 0 % и 100 % (100% хранимых в бумажном виде документов). Целевая точка — 80 % и 20 %. Необходимо стремиться к увеличению электронной документации, что позволит сохранить документы в случае их утери или порчи.

И процент использования информационных и виртуальных технологий для экспонатов и музея в целом (3D модели экспонатов и виртуальный тур по самому музею). Текущее измерение процесса — 20 % и 80 % (20% использования информационных технологий). Целевая точка — 45% и 55 %. Необходимо стремиться к использованию современных технологий для увеличения числа заинтересованных посетителей.

Также цифровизация и перевод объектов культурной деятельности закрывают риск, связанный с низким процентом числа посетителей выставок в связи с непродолжительным времени нахождения выставки в музее, а также ограниченном времени для ее посещения или удаленности нахождения объектов искусства.

Область культуры лишается потенциальных посетителей выставок в виду отсутствия возможности или посещения из-за условий работы этих выставок или из-за достаточно большой удаленности выставок.

В качестве метрики закрытия риска по процессу можно выделить процент посещаемости временных выставок. Текущее измерение процесса — 35 % и 65 % (65% желающих не увидели выставку). Целевая точка — 70 % и 30 %. Необходимо стремиться к увеличению доли людей, посетивших выставки.

Для описанного процесса был разработан следующий комплекс мероприятий по его усовершенствованию:

1. Введение электронного документооборота, перевод бумажной документации в электронный вид.
2. Произвести съемку экспонатов с помощью 3D сканера и алгоритмов фотограмметрии и выгрузить готовые модели в систему.
3. Отснять помещения культурного объекта, создать виртуальную выставку и разместить ее на сайте культурного учреждения.

Данные результата анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1. Измерение метрик бизнес-процессов

Метрика	Измерение процесса	Целевая точка	Результат усовершенствования процессов
Процент перевода документации в электронный вид.	0% и 100%	80% и 20%	90% и 10%
Процент использования информационных и виртуальных технологий для экспонатов и музея.	20% и 80%	45% и 55%	55% и 45%

### Концепция проектирования ИС

Концертуальное описание проектируемой ИС представлено на рисунке 1. В рамках дистанционных мероприятий выявлены функции по организации виртуальной выставки: планирование маршрута, составление списка экспонатов, подготовка 3D моделей и подготовка виртуальной экскурсии. Таким образом функция подготовка 3D моделей включает следующие функции: съемка экспонатов, создание моделей и выгрузка в систему [1]. Функция подготовка виртуальной выставки включает следующие функции: склейка сферических панорам, сборка экскурсии, добавление звукового сопровождения и выгрузка в систему.

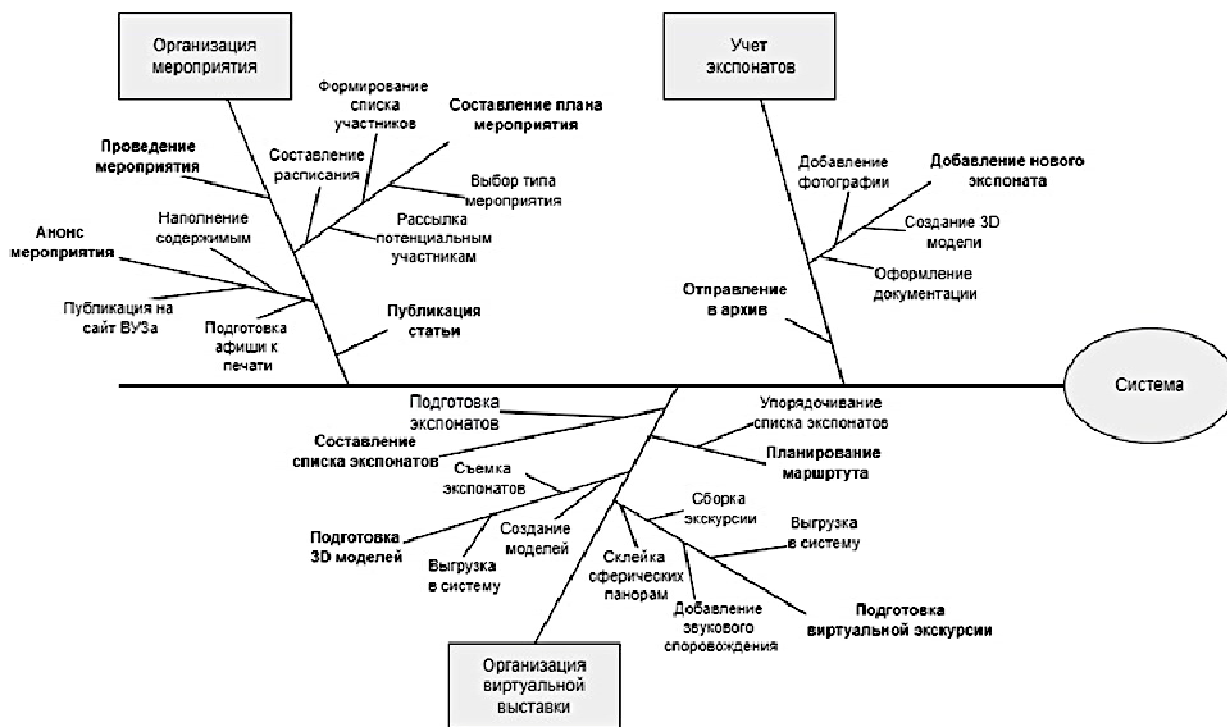


Рис. 1. Концептуальное описание проектируемой системы

На примере музея истории РГРТУ описана контекстная диаграмма, отражающая план внедрения VR и AR технологии в информационную систему музея. Данная идея по внедрению отражена на рисунке 2.



Рис. 2. Контекстная диаграмма использования системы

Использование виртуальных технологий в области культуры помогает поддерживать спрос на музеи и повсеместный доступ к ним из любой точки мира и в любое время. Посетителю достаточно иметь доступ в интернет для дистанционного посещения виртуальных экскурсий и просмотра оцифрованных объектов [2].

### Алгоритмы фотограмметрии

Алгоритмы фотограмметрии основаны на математических методах, которые позволяют выбрать необходимые для проектирования методы.

Слайновое моделирование основано на кривых, следующих по определенным точкам и моделирование представляет собой создание 3D объектов при помощи кривых линий, которые называются сплайнами. Преимуществом сплайнового моделирования является то, что при увеличении объекта, созданного сплайнами, его качество останется неизменным, а при полигональном моделировании видны полигоны.

Полигональное моделирование в свою очередь основано на соединении точек в пространстве с помощью линий-ребер, образующих поверхность полигонов и дает возможность производить манипуляции с сеткой 3D объекта. При помощи полигонального моделирования можно создать объект любой сложности, что достигается путем соединения групп полигонов.

Метод моделирования сабдивидами включается в себя общие черты предыдущих двух методов и является наиболее прогрессивным в настоящий момент [3].

Таким образом фотограмметрия помогает обогатить область культуры виртуальными технологиями и перевести в дистанционный вид большее количество объектов культуры.

### Библиографический список

1. Е.В. Шикин, А.В. Боресков. Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения. -М.: ДИАЛОГ МИФИ, 1996. - 288 с.
2. Савельев В. В. Виртуальная выставка и технологии ее создания // Образование. Карьера. Общество. 2011. №3 (32).
3. Родионова Д.Д., Сергеев А.В. Технология дополненной реальности как перспективное направление развития музейного пространства на современном этапе // Вестник Кемеровского государственного университета культуры и искусств. 2015. №33-2.

УДК 004.4; ГРНТИ 50.41.25

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ГИБРИДНЫХ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А.В. Белокопытов, А.Ю. Громов

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, gromovrm@gmail.ru

*Аннотация.* В работе рассматривается ряд методов построения архитектуры гибридных рекомендательных систем. Данный подход является оптимальным для решения задачи рекомендаций контента на основе информации о действии пользователя в приложении и информации о контексте, в рамках которого пользователь делает выбор.

## ANALYSIS OF ARCHITECTURE CONSTRUCTION METHODS HYBRID RECOMMENDATION SYSTEMS

A.V. Belokopytov, A.Y. Gromov

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, gromovrm@gmail.ru

*The summary.* The paper considers a number of methods for building the architecture of hybrid recommendation systems. This approach is optimal for solving the task of making recommendations to the client based on information about the user's action in the application and information about the context in which the user makes a choice.

### Анализ контекста пользователя

Одним из способов анализа контекста является применение технологий IoT в рекомендательных системах. Интернет вещей (IoT, Internet of things) – это сеть физических устройств (в том числе датчиков, устройств передачи, личных устройств пользователя, таких как смартфон, часы и т.д.), оснащённых средствами взаимодействия и обмена данными друг с другом и с окружающей средой [15]. Применение технологий IoT в рекомендательных системах имеет ряд преимуществ. Устройства интернета вещей собирают огромное количество информации о пользователях, окружающей их среде, их привычках и предпочтениях. Эти данные могут быть использованы для создания более точных рекомендаций [1-3]. Таким образом, пользователь будет получать больше рекомендаций, соответствующих контексту ситуации [14]. Концепция работы рекомендательных систем в связке с IoT представлен на рисунке 1.

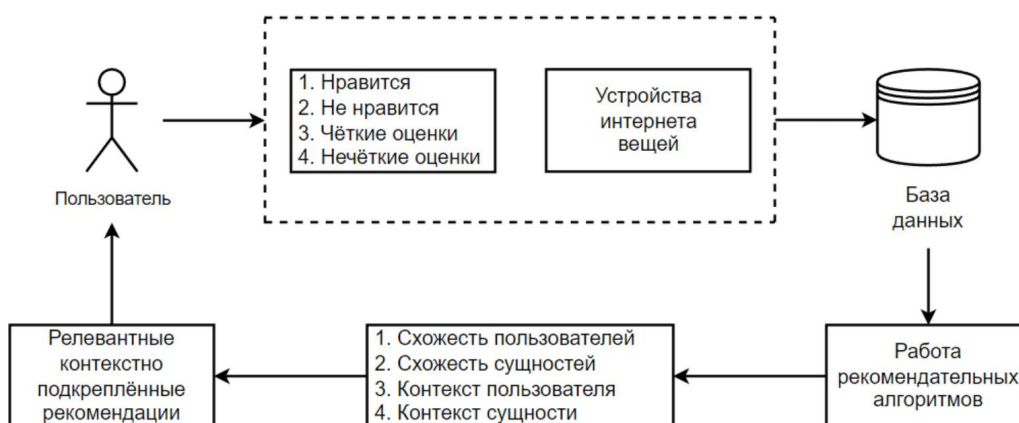


Рис. 1. Механизм работы рекомендательных систем в IoT

На рисунке 2 отражена модификация процесса анализа действий пользователя. В работу алгоритма рекомендательной системы добавлен блок анализа контекста пользователя.

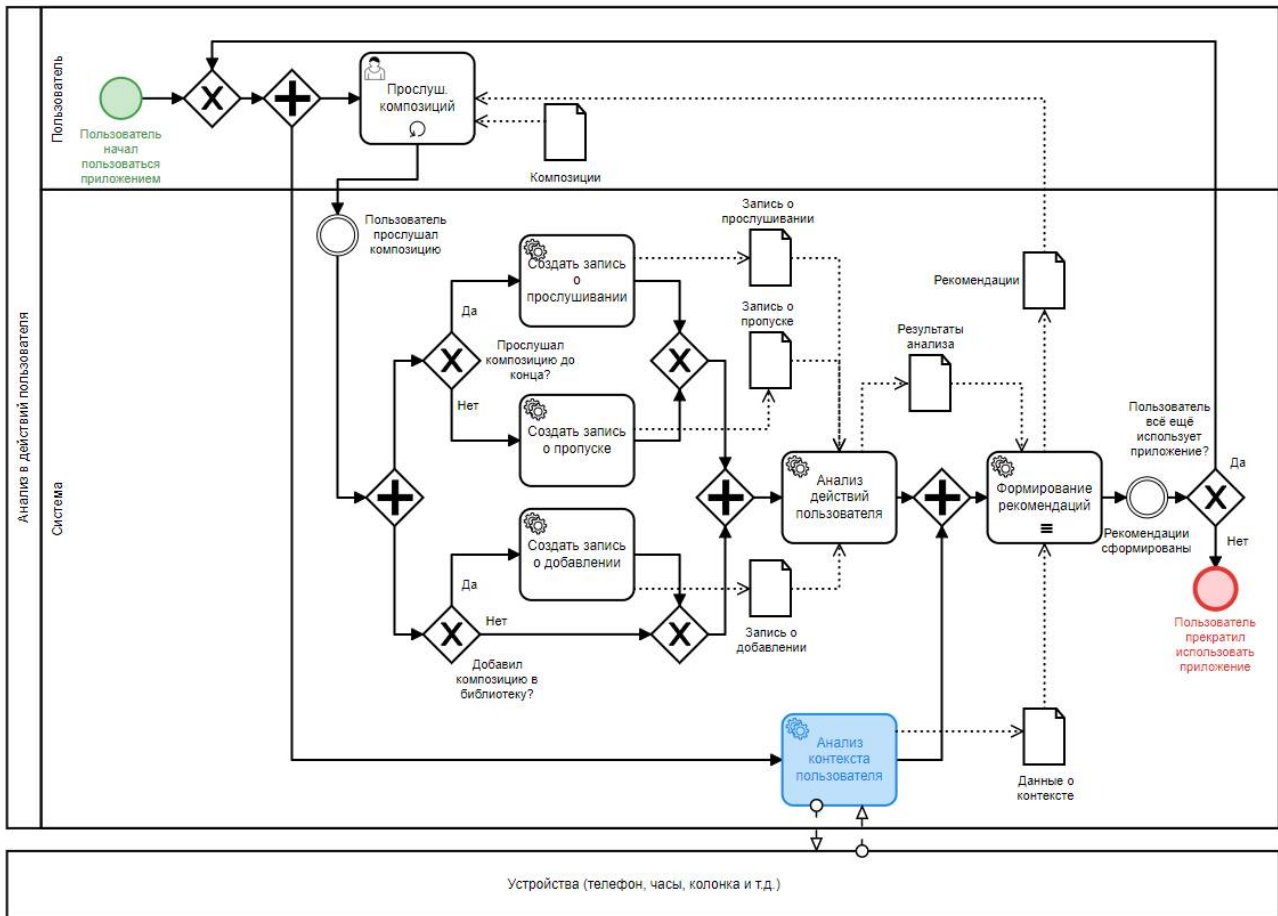


Рис. 2. Модификация процесса анализа действий пользователя

### Гибридные рекомендательные алгоритмы

Для решения такой комплексной задачи, как анализ контекста пользователя и формирования рекомендаций на основе широкого спектра данных, не имеет смысла использовать рекомендательные алгоритмы в отдельности [9-13].

В данном случае лучше использовать гибридные рекомендательные алгоритмы.

Выделяется три типа гибридных систем:

- с монолитной организацией;
- с параллельной организацией;
- с конвейерной организацией.

Системы с монолитной организацией представляют из себя один модуль, включающий в себя различные методы обработки имеющихся данных. Большинство гибридных систем такого рода реализуют коллаборативную фильтрацию, усиленную особенностями содержимого. Схема реализации монолитной организации рекомендательной системы представлена на рисунке 3.

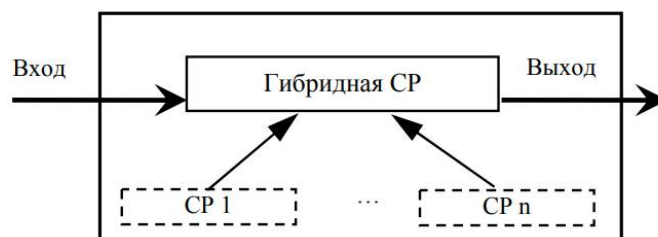


Рис. 3. Монолитная организация

Существует два основных варианта организации монолитной гибридной рекомендательной системы: комбинация функций, дополнение функций.

Схема реализации алгоритма комбинации функций представлена на рисунке 4.



Рис. 4. Алгоритм комбинации функций

Схема реализации алгоритма дополнения функций представлена на рисунке 5.

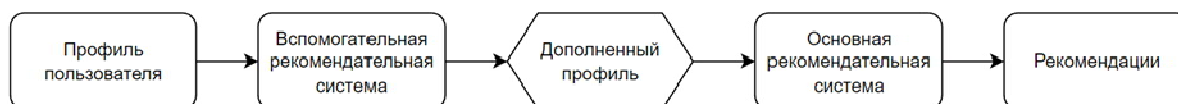


Рис. 5. Алгоритм дополнения функций

В рекомендательных системах с параллельной организацией исходные данные поступают на каждый модуль системы. После того, как все подсистемы выдадут ответ, начинает работать агрегирующий модуль.

Существует несколько вариантов организации параллельных гибридных рекомендательных систем: взвешенный, переключаемый и смешанный подходы.

Взвешенный подход характеризуется тем, что результаты отдельных рекомендательных систем объединяются путем взвешивания. Веса могут быть определены на основе различных критериев, таких как производительность метода или обратная связь пользователей. Распространённой является практика, когда для каждого объекта подсчитывается сумма рейтингов, полученных параллельными модулями, после чего выводятся объекты с наибольшим рейтингом.

Схема реализации взвешенного гибридного алгоритма представлена на рисунке 6.



Рис. 6. Взвешенный гибридный алгоритм

Идея переключаемого подхода состоит в том, что выбор алгоритма рекомендаций изменяется на основе какого-либо критерия.

Смешанный подход состоит в том, что существуют сразу несколько рекомендательных алгоритмов, для которых составляется набор кандидатов для составления рекомендаций. Каждый из наборов проходит обработку соответствующим алгоритмом, после чего составляется общий набор рекомендаций, без явного предпочтения тем или иным классам.

Конвейерный вариант организации рекомендательной системы предполагает деление процесса построения рекомендаций на этапы, которые выполняются последовательно. Результат работы очередного этапа используется в последующих.

Организация конвейерной гибридной рекомендательной системы может существовать в двух вариантах: каскадном и фильтрации на основе мета-аксиом.

Порядок работы каскадного алгоритма следующий: одна рекомендательная система фильтрует или предварительно отбирает набор элементов, а другая система затем определяет конечный порядок предложений на основе отфильтрованного набора.

Схема каскадного гибридного алгоритма представлена на рисунке 7.

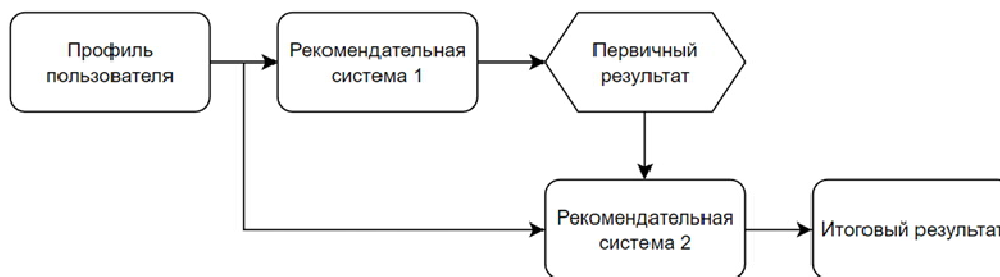


Рис. 7. Каскадный гибридный подход

Фильтрация на основе мета-аксиом: каждый алгоритм подается на вход мета-аксиоме, оценивающей его вероятность предложения наилучших рекомендаций для текущего пользователя. Затем вычисленный результат мета-аксиомы используется для выбора определенных методов рекомендаций.

По итогам анализа различных видов архитектур рекомендательных систем, выявлено, что с учётом предметной области, для решения задачи учёта контекста пользователя при формировании рекомендаций лучше всего подойдут гибридные алгоритмы с параллельной организацией. Таким образом, возможно уточнить задачу для каждого модуля рекомендательного алгоритма, а затем взвесить оценки, и получить результат вычисления рекомендаций.

### Библиографический список

1. Фальк К. ил. Рекомендательные системы на практике / пер. с англ. Д. М. Павлова. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 448 с.: ил.
2. Сорокин А. Б., Железняк Л. М., Семенов Р. Э. Рекомендательные системы: анamnестические и модельные методы : учебно-методическое пособие — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 65 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/265739> (дата обращения: 28.12.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Ricci F., Rokach L., Shapira S. Recommender Systems Handbook Second Edition, Springer New York, NY, 2015 – 1008 с.: ил.
9. Ricci F. Contextualizing Useful Recommendations. [Электронный ресурс]. UniBz, 2012. URL: <http://www.inf.unibz.it/~ricci/Slides/Context-UMAP-2012-Ricci.pdf>. (дата обращения: 26.12.2022).
10. Шнайдер Х. Распознавание физической активности пользователей по данным от их мобильных телефонов. [Электронный ресурс]. IBM developerWorks, 2014. URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/mobile-phone-activity>. (дата обращения: 28.12.2022).
11. Ricci F., Rokach L., Shapira S. Recommender Systems Handbook Second Edition, Springer New York, NY, 2015 – 1008 с.
12. Blockchain-based recommender systems: Applications, challenges and future opportunities // ScienceDirect URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574013721000769#b135> (дата обращения: 05.03.2023).
13. Recommender Systems for the Internet of Things: A Survey // ResearchGate URL: [https://www.researchgate.net/publication/342944470\\_Recommender\\_Systems\\_for\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_A\\_Survey](https://www.researchgate.net/publication/342944470_Recommender_Systems_for_the_Internet_of_Things_A_Survey) (дата обращения: 05.03.2023).
14. RecIoT: A Deep Insight into IoT-Based Smart Recommender Systems // Hindawi URL: <https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2022/9218907/> (дата обращения: 06.03.2023).
15. An overview of recommender systems in the internet of things // Springer URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10844-018-0530-7#Abs1> (дата обращения: 06.03.2023)



УДК 004.931; ГРНТИ 28.23.15

## ПРОЦЕСС МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПУТЕМ ПЕРЕНОСА ОБЪЕКТА

С.Н. Баранова, А.А. Вьюгина, Б.В. Костров

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, baranova.sv.n@gmail.com

*Аннотация.* Целью статьи является построение процесса моделирования гидролокационных изображений за счет изменения положения объекта на исходной гидролокационной сцене. Процесс моделирования включает несколько шагов, позволяющий получить несколько новых изображений, содержащих объект на различных координатах. Использование битовых плоскостей при реализации модели позволяет более точно определять границы объекта для переноса.

*Ключевые слова:* обработка изображений, поиск объектов, моделирование, гидролокационные сцены, Matlab.

## THE PROCESS OF MODELING SONAR IMAGES BY TRANSFERRING AN OBJECT

S.N. Baranova, A.A. Vyugina, B.V. Kostrov

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, baranova.sv.n@gmail.com

*The summary.* The purpose of the article is to build the process of modeling sonar images by changing the position of the object on the initial hydro-location scene. The modeling process includes several steps that allow you to obtain several new images containing an object at different coordinates. The use of bit planes in the implementation of the model allows you to more accurately determine the boundaries of the object to be transferred.

*Keywords:* image processing, object search, modeling, sonar scenes, Matlab.

При исследовании водной поверхности, рельефа дна актуальной задачей является обнаружение и распознавание объектов на фоне помех для чего необходимо иметь большой набор исходных данных, содержащих различные объекты на разных координатах. Получение начального набора данных обычно производится путем гидролокации. Такой способ получения изображений связан с большими затратами, кроме того возникают ограничения по сбору экспериментальных данных с разными параметрами. Эффективным решением в такой ситуации является применение имитационного моделирования вариантов гидролокационных сцен на основе существующих изображений [1, 2].

Целью статьи является построение процесса моделирования гидролокационных изображений за счет изменения положения объекта на исходной гидролокационной сцене.

Рисунок 1 представляет модель процесса моделирования гидролокационных изображений. Входное изображение проходит через основные этапы, которыми являются: поиск и перенос объекта. Особенностью модели является выполнения шагов над отдельной битовой плоскостью, что позволяет получить более точную информацию о положении объекта, а также произвести его перенос на пустую область.

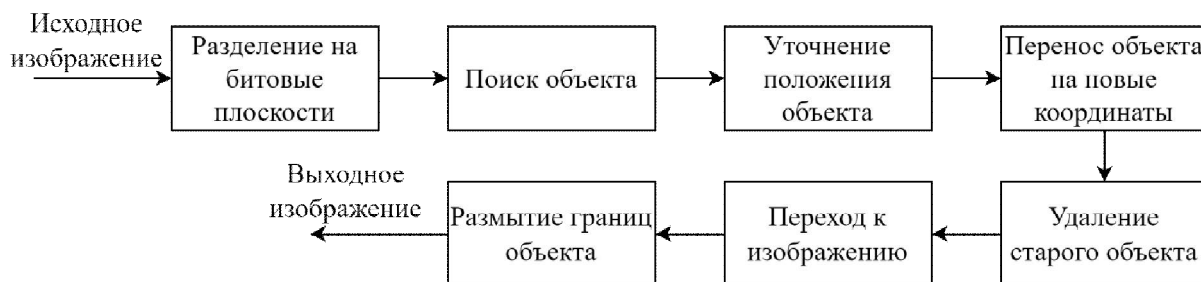


Рис. 1. Модель процесса моделирования гидролокационных изображений



Рассмотрим более подробно выделенные шаги в модели процесса моделирования гидролокационных изображений:

1. Разделение на битовые плоскости. Данный этап позволяет разделить исходное изображение на плоскости, содержащие определенный разряд каждого бита. При таком виде на плоскости, содержащей старшие разряды, особенно выделяются объекты. Так как исходное гидролокационное изображение представляется в оттенках серого, то есть каждый пиксель может принимать значение от 0 до 255, то все изображение можно разделить на 8 битовых плоскостей. В таком случае разбиение можно представить формулой (1), где 0-ая битовая плоскость содержит значения младшего разряда, а 7-ая битовая плоскость – значения старшего разряда, соответственно [3].

$$\mathbf{V}_{N \times N}^k = \begin{pmatrix} b_{1,8-k} & b_{1,16-k} & \cdots & b_{1,8*N-k} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ b_{N,8-k} & b_{N,16-k} & \cdots & b_{N,8*N-k} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{V}$  – матрица битовой плоскости,  $k$  – номер разряда байта, плоскость которого формируется,  $k = \overline{0, 7}$ ,  $b$  – значение соответствующего бита,  $N \times N$  – размер исходного изображения.

Рисунок 2 представляет собой одно из исходных изображений и его битовую плоскость старшего разряда, на которой четко определены границы объектов, содержащихся на гидролокационной сцене.

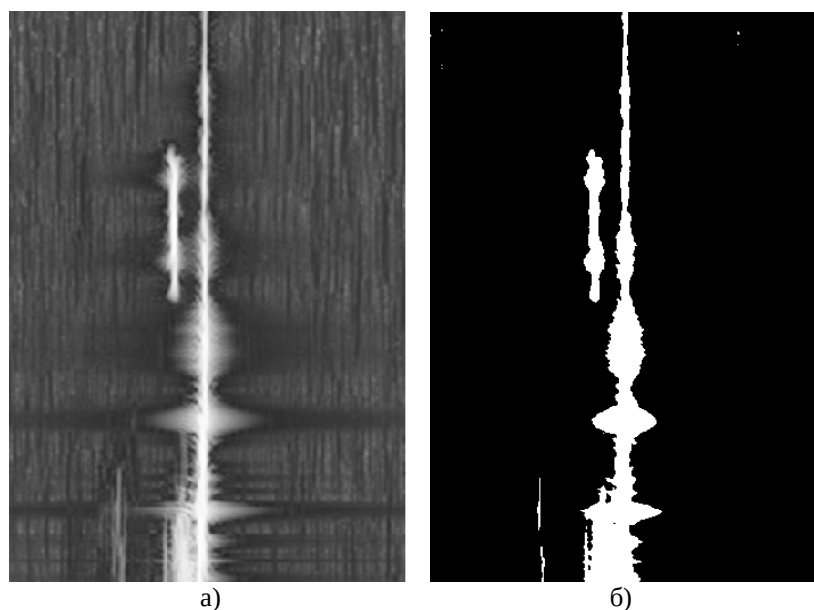


Рис. 2. Тестовое изображение:  
а) исходное изображение, б) битовая плоскость 7-го разряда

2. Поиск объекта. На выделенной битовой плоскости для поиска объекта можно применить метод корреляционного анализа. Его суть заключается в последовательном сравнении частей изображения с эталоном [4]. В качестве эталона в описываемой задаче можно использовать вытянутый полукруглый объект, сформированный из белых пикселей на черном фоне.

Так как работа производится над битами, то можно использовать логические операции для определения схожести объекта с эталоном. В экспериментальной части в качестве логической операции была использована функция «исключающее «или». Ее значения при-

нимают значение 0, если параметры имеют одинаковое значение, то есть схожесть объекта с эталоном достигается при минимальном значении функции (2).

$$F_{ij} = \text{Average}(B_{ij}^k \oplus M), \quad (2)$$

где  $B_{ij}^k$  – часть матрицы битовой плоскости;

$k$  – номер битовой плоскости,  $k = \overline{0, 7}$ ;

$M$  – матрица эталона;

$i, j$  – координаты текущего пикселя.

После вычисления функции для каждого пикселя исходного изображения находятся координаты, в которых функция принимает минимальное значение.

3. Уточнение положения объекта. Найденные на предыдущем этапе координаты могут ссылаться на несколько разных положений исходного изображения. При этом некоторые из них могут относиться к центральной части, которая не содержит объект. Основной характеристикой, по которой определяется объект, считается наличие замкнутого контура и размер менее трети по длине или ширине по сравнению с размерами исходного изображения.

4. Перенос объекта на новые координаты. Новые координаты также эффективно определяются по старшей битовой плоскости: перенос объекта производится на ту часть, где нет других объектов, то есть на плоскости присутствуют только биты 0. При этом перенос производится полностью всего значения пикселя, так как сам объект неоднороден.

5. Удаление старого объекта. Для завершения моделирования новой гидролокационной сцены необходимо удалить объект со старого месторасположения. Однако из-за неоднородности фона нельзя заменить пиксели на константное значение. Значение черного цвета (0) или серого (128) образует явно выделенную область одного цвета. Эта задача может быть решена несколькими способами: дублирование значений фоновых пикселей, расположенных рядом с координатами объекта, или замена бит старших разрядов на значение фона определенной битовой плоскости (к старшим разрядам в этом случае относятся от 7-го до 4-го), а оставленные значения младших разрядов позволят добиться различных оттенков серого.

6. Переход к изображению. После проведения основных этапов по моделированию гидролокационного изображения необходимо произвести обратный переход от битовых плоскостей к полноценному изображению.

7. Размытие границ объекта. Перенос объекта производится на битовой плоскости, где границы контура четко определены. Однако на гидролокационной сцене объект не имеет четких границ. При моделировании изображения после переноса объекта выполняется дополнительный этап по размытию границ, который может быть выполнен любым известным фильтром, например медианным фильтром.

Медианный фильтр основывается на поиске медианы для последовательности окрестных значений, которую составляет окрестность из нечетного количества пикселей [5]. Медианный фильтр можно описать выражением (3), в котором медианой выбирается средний по значению член последовательности.

$$g_{ij} = \text{МЕДИАНА}(g_{i-k, j-k}, \dots, g_{i+k, j+k}), \quad (3)$$

где  $g_{ij}$  – значение яркости пикселя,  $i, j$  – координаты пикселя,  $k = \frac{\sqrt{n}-1}{2}$  – радиус окрестности,  $n$  – количество элементов окрестности.

Описанные этапы модели процесса были реализованы в среде разработки Matlab [6]. Каждый из этапов представляет собой отдельный метод программы, позволяющий независимо производить обработку и изменять параметры каждого этапа (например, окрестность работы фильтра). В качестве входных данных использовался набор гидролокационных изображений с различными объектами. В результате моделирования был получен набор сцен с

теми же изображениями, которые имели отличные положения на изображении по сравнению с исходным.

На рисунке 3 представлен один из результатов моделирования на основе тестового изображения (рисунок 2). При этом на битовой плоскости объект имеет точный контур, соответствующий исходному.

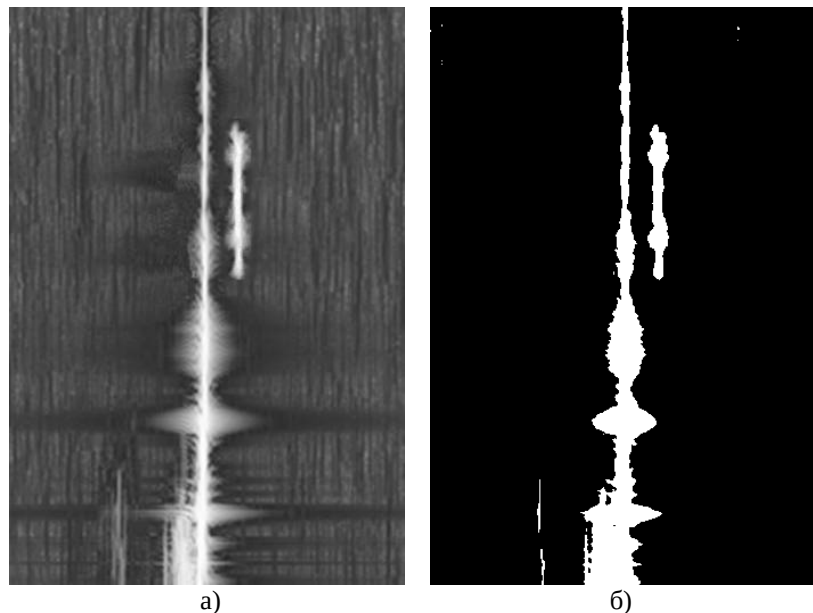


Рис. 3. Смоделированное изображение:  
а) результирующее изображение, б) битовая плоскость 7-го разряда

Моделирования изображений гидролокационных сцен возможно программными методами при наличии набора исходных данных, которые могут быть получены в ходе выполнения натуральных экспериментов. Такой подход позволяет увеличить количество различных гидролокационных изображений на основе небольшого количества входных данных. Использование в ходе моделирования разбиения на битовые плоскости позволяют снизить вычислительную сложность некоторых этапов, таких как: поиск объекта на исходном изображении. Также описанный метод упрощает перенос объекта, так как можно однозначно определить пересечение с другими объектами на изображении.

### Библиографический список

1. I. Rozanov, A. Proletarsky, A.A. Sotnikov, V.Suzev Reverberation signal simulation method in real-time. 10th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO2021.
2. Сюев В.В., Сотников А.А., Баранова С.Н. Имитационное моделирование обучающего набора изображений нейросетевого гидролокатора. Цифровая обработка сигналов №4. 2023, с. 62-67.
3. Гринченко Н.Н., Баранова С.Н., Лобачев М.А., Вьюгина А.А. Математическая модель процесса передачи изображений на основе битовых плоскостей. Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2023;(1):82-89. <https://doi.org/10.38013/2542-0542-2023-1-82-89>.
4. Дудник П.И. Многофункциональные радиолокационные системы. Серия: Высшее образование. Радиотехнические системы М. Дрофа 2007г. 283с. (ISBN: 978-5-358-00196-1 / 9785358001961)
5. Новиков А.И., Пронькин А.В. Методы цифровой обработки изображений подстилающей поверхности. – Москва: Научно-техническое издательство "Горячая линия-Телеком", 2023. – 224 с.
6. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006. 616 с.

УДК 004.931; ГРНТИ 28.23.15

## РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПОИСКА ОБЪЕКТА НА БИТОВОЙ ПЛОСКОСТИ

С.Н. Баранова

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, baranova.sv.n@gmail.com

*Аннотация.* Целью статьи является реализация алгоритма поиска объектов на битовой плоскости. Алгоритм применяется к битовой плоскости для уточнения положения объекта, имеющего размытый контур на исходном изображении. Первоначальные координаты объекта определяется за счет корреляционного метода. В результате определения положения объекта на одной битовой плоскости, позволяет выделить основные границы на исходном изображении.

*Ключевые слова:* обработка изображений, поиск объектов, корреляционный анализ, Matlab.

## IMPLEMENTATION OF THE ALGORITHM FOR SEARCHING FOR AN OBJECT ON THE BIT PLANE

S.N. Baranova

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, baranova.sv.n@gmail.com

*The summary.* The purpose of the article is to implement an algorithm for searching objects on a bit plane. The algorithm is applied to the bit plane to clarify the position of an object with a blurred outline in the original image. The initial coordinates of the object are determined by the correlation method. As a result of determining the position of the object on one bit plane, it allows you to highlight the main boundaries in the original image.

*Keywords:* image processing, object search, correlation analysis, Matlab.

Для проведения объемных исследований, направленных на решение задач обнаружения и распознавания водной поверхности, рельефа дна и объектов на фоне помех, необходимо иметь большой набор входных данных с различными параметрами. Получение таких изображений обычно производится путем гидролокации. Однако такой метод имеет определенные ограничения и большие затраты для сбора исходных изображений с различными параметрами. Оптимальным методом формирования массива входных изображений является имитационное моделирование гидролокационных сцен [1].

Для моделирования гидролокационных сцен [2] на основе исходного изображения необходимо провести несколько основных шагов: определить положение объекта, уточнить его координаты на плоскости, выполнить перенос объекта в новое положение. Каждый из этих этапов представляет собой отдельную задачу, в статье будет рассмотрен метод определения положения объекта.

Целью статьи является реализация алгоритма поиска объектов на битовой плоскости.

Объекты на гидролокационных сценах представляют собой образ с размытыми границами, в связи с чем появляется сложность в выявлении объектов. Однако при разделении исходного изображения на битовые плоскости (1), возможно заметить явно выраженные границы объекта (рисунок 1). Исходное изображение представлено в оттенках серого, то есть его диапазон яркости находится в пределах от 0 до 255. При пространственном представлении можно сформировать 8 битовых плоскостей, соответствующих разрядам числа: 0-ая битовая плоскость содержит значения младшего разряда, а 7-ая битовая плоскость – значения старшего разряда, соответственно [3].

$$\mathbf{V}_{N \times N}^k = \begin{pmatrix} b_{1,8-k} & b_{1,16-k} \cdots & b_{1,8*N-k} \\ \vdots & & \vdots \\ b_{N,8-k} & b_{N,16-k} \cdots & b_{N,8*N-k} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{B}$  – матрица битовой плоскости,  $k$  – номер разряда байта, плоскость которого формируется,  $k = \overline{0, 7}$ ,  $b$  – значение соответствующего бита,  $N \times N$  – размер исходного изображения.

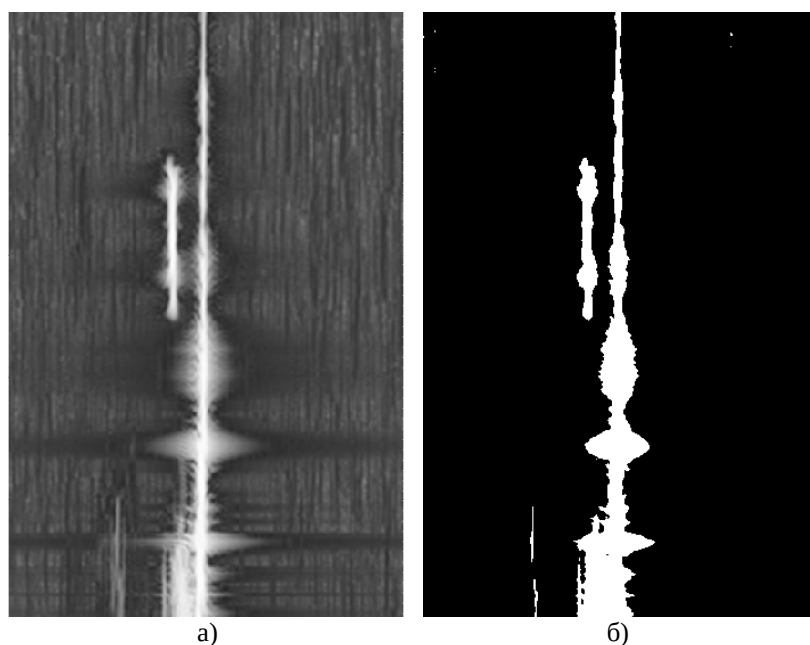


Рис. 1. Тестовое изображение:  
а) исходное изображение, б) битовая плоскость 7-го разряда

Одним из наиболее распространенных и простых методов поиска объектов на изображении является применение корреляционной обработки. Суть данного метода является в сопоставлении эталона последовательно с частями изображения. При чем для нахождения совпадения с объектом маска перемещается из верхнего левого угла к нижнему правому путем перемещения с шагом в один пиксель слева направо, сверху вниз. В качестве оценочной величины используется взаимная корреляция между входным и эталонным изображениями [4].

Корреляционный метод дает особенно эффективные показатели на бинарных изображениях. Бинарное изображение характеризуется матрицей, содержащей только значение 0 и 1. Битовая плоскость представляет собой бинарное изображение, на котором можно применить поиск с помощью корреляционного метода. Вычисление на битовой плоскости позволяет использовать следующие преимущества:

- четкое выделение границ распознаваемых объектов;
- простота вычисления параметров;
- отсутствие необходимости в дополнительных преобразованиях при обработке изображений в оттенках серого.

Для поиска объекта на битовой плоскости маска также имеет значения бита: 0 и 1. Для поиска соответствия была выбрана метрика сходства, основанная на логической функции «исключающее «или». Так как данная функция при совпадении двух параметров дает результат 0, то задача поиска максимального значения функции меняется на поиск минимального, так как наибольшее сходство с шаблоном будет в тех областях, где значение функции минимально. Найденные таким образом координаты объекта будут характеризовать центр распознанного объекта. Далее будет применяться алгоритм уточнения границ.

Реализация описанного алгоритма была произведена в среде разработки Matlab [5]. Были разработаны модули, позволяющие выделить битовые плоскости и совершить поиск объекта корреляционным методом. Для тестирования алгоритма поиска объекта был собран

набор изображений, представляющих собой гидролокационную сцену. В качестве эталона представлен вытянутый объект, сформированный из белых пикселей на черном фоне.

В статье представлены результаты эксперимента для тестового изображения, представленного на рисунке 1. На рисунке 2 отображены вычисленные значения функции, где наиболее темным оттенком представлены наибольшие совпадения исходной плоскости с шаблоном.

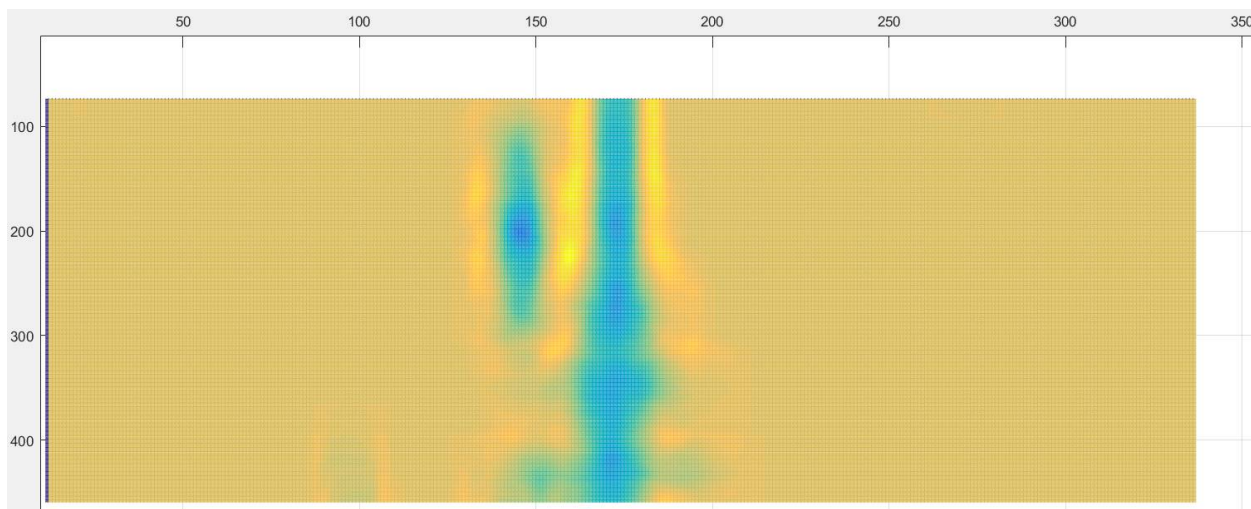


Рис. 2. График распределения значений функции

После вычисления значений сходства исходного изображения и маски производится нахождения локальных минимумов для определения объекта. При этом минимальное значение функции будет соответствовать центру объекта. На рисунке 3 красной точкой отмечен найденный центр объекта (красный квадрат не является частью работы алгоритма и предназначен для указания места на изображении). На данном тестовом примере был найден один объект, наиболее соответствующий маске.

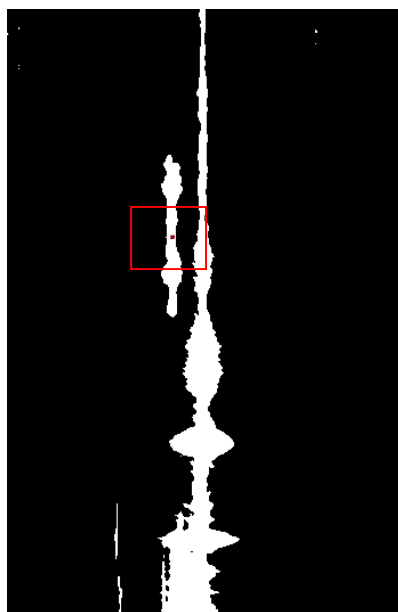


Рис. 3. Координаты объекта на битовой плоскости

Алгоритм поиска объекта на битовой плоскости позволяет снизить вычислительные затраты за счет работы со значениями бита. При работе с бинарными изображениями воз-

можно использование логических функций, которые позволяют хорошо определить схожесть между частью изображения и эталоном. Также определение объекта на битовой плоскости позволяе решить проблему с нечеткими границами на исходном изображении.

Проведенные эксперименты показывают эффективность применения описанного алгоритма к битовой плоскости. Применение логической функции для нахождения схожести с маской позволяет снизить основной недостаток корреляционных методов: требование больших вычислительных ресурсов. Решение задачи поиска объекта на гидролокационном изображении позволит применить данные координаты для имитационного моделирования других гидролокационных сцен.

### Библиографический список

1. I. Rozanov, A. Proletarsky, A.A. Sotnikov, V.Suzev Reverberation signal simulation method in real-time. 10th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO2021.
2. Сюзев В.В., Сотников А.А., Баранова С.Н. Имитационное моделирование обучающего набора изображений нейросетевого гидролокатора. Цифровая обработка сигналов №4. 2023, с. 62-67.
3. Гринченко Н.Н., Баранова С.Н., Лобачев М.А., Вьюгина А.А. Математическая модель процесса передачи изображений на основе битовых плоскостей. Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2023;(1):82-89. <https://doi.org/10.38013/2542-0542-2023-1-82-89>.
4. Дудник П.И. Многофункциональные радиолокационные системы. Серия: Высшее образование. Радиотехнические системы М. Дрофа 2007г. 283с. (ISBN: 978-5-358-00196-1 / 9785358001961)
5. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006. 616 с.

УДК 378.146; ГРНТИ 14.35.09

## ГЕЙМИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРОССВОРДНЫХ ЗАДАНИЙ

Т.А. Оборина, А.А. Попова

*Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, t.a.oborina@yandex.ru, popova.anni@mail.ru*

*Аннотация.* В данной работе рассматриваются кроссворды как альтернативный способ оценки знаний студентов. Приведено обоснование необходимости внедрения новых подходов в процесс контроля с целью сохранения мотивации к обучению. Описан алгоритм составления кроссвордов. Представлен пример кроссворда для дисциплины «Основы научных исследований».

*Ключевые слова:* геймификация, кроссворды, мотивация, тестирование, оценка знаний.

## GAMIFICATION OF THE PROCESS OF CONTROLLING STUDENTS' KNOWLEDGE USING CROSSWORD PUZZLES

T.A. Oborina, A.A. Popova

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russian Federation, Ryazan, t.a.oborina@yandex.ru, popova.anni@mail.ru*

*Abstract.* In this paper, crosswords are considered as an alternative way to assess students' knowledge. The rationale for the need to introduce new approaches to the control process in order to maintain motivation for learning is given. The algorithm of crossword puzzles is described. An example of a crossword puzzle for the discipline of "Basic scientific research" is presented.

*Keywords:* gamification, crosswords, motivation, testing, knowledge assessment.

Современные тенденции развития образования ведут к тому, что у студентов важно сохранять мотивацию к обучению. Однако неотъемлемым процессом обучения является контроль знаний, который может выражаться в виде промежуточной оценки и итоговой (экзамене-

на, зачета, аттестации, защиты ВКР). Именно на данном этапе студенты склонны начинать терять интерес к дисциплине, бояться неудачи. Классические методы и методики различны, включают в себя большой пласт методических материалов. На сегодняшний день, превалирующими формами контроля знаний выступают устный экзамен и тестирование. Однако они не обладают элементами творческой или проектной деятельности. При несомненных преимуществах обоих подходов, можно выделить и ряд недостатков:

- устный экзамен занимает много времени. Для того чтобы опросить всю группу обучающихся из 25 человек, преподавателю необходимо затратить не менее 3 часов. При этом очевидно, что внимательность и вовлеченность преподавателя снижаются с течением времени. В свою очередь, длительное ожидание отрицательно сказывается на психологическом состоянии студента, у него могут возрасти тревожность и усталость.

- тестирование при достаточной быстроте не лишено случайного фактора: ответ можно угадать; короткие ответы легче списать, чем развернутые при письменном экзамене; тесты не дают полного представления о понимании студентом темы.

Важным показателем полноценности тематического и рубежного контроля является уровень сформированности навыков самоконтроля у студентов, умений осуществлять контроль результатов собственной деятельности и корректировать ее в процессе выполнения заданий, предлагаемых педагогом.

В связи с этим возникает необходимость внедрения в процесс контроля знаний новый подход, который позволил бы одновременно получить представление о знаниях обучающегося и сохранить интерес студента.

Геймификация, или использование развлекательных средств в различных сферах жизни, сейчас обретают всю большую популярность. Этому есть вполне научное обоснование, основанное на теории антропологов, что на смену *homo sapiens*, приходит следующий тип человека – *homo ludens* – человек играющий, который может выбирать между альтернативными типами виртуальной реальности, существующей благодаря телевидению, видеорынку, глобальным компьютерным сетям, огромному массиву созданной культуры и в соответствии с этим между разными типами существующего и планируемого мира. Именно поэтому геймификация нашла широкое применение и в образовании. Различного рода головоломки также можно отнести к играм, поскольку они не в классической форме позволяют обучающимся расширять кругозор, строить причинно-следственные связи и получить представление о сферах, в которых необходимо подтянуть знания.

Кроссворды могут выступать как альтернатива традиционному тестированию [1]. Поскольку неотъемлемой частью изучения любой дисциплины является ознакомление с понятийным аппаратом, классификациями – всеми теми знаниями о рассматриваемой сфере, которые выражаются одним словом – именно формат кроссворда является наиболее удобным способом контроля знаний. Эти головоломки могут составляться по различным тематикам или содержать вопросы по всему курсу. Более того, вопросы можно подбирать по уровню сложности. Содержательный анализ ошибок при решении (заполнении) кроссворда даёт возможность корректировать часы при изучении отдельных тем дисциплины.

В процессе разработки и использования задания в тестовой форме возникает необходимость обеспечить требуемый уровень их качества: следует уделять внимание формулировкам, избегая неоднозначных трактований [3].

Однако не только решение кроссвордов способствует развитию компетенций у студентов, но и их создание [2]. В процессе составления вопросов происходит изучение материала, его переработка. Алгоритм составления кроссворда можно представить следующим образом:

1. Определить тематику кроссворда;
2. Отобрать понятия, которые подходят по тематике;
3. Сформулировать вопрос;



## 4. Составить кроссворд.

«Основы научных исследований» - дисциплина, которая практически полностью построена на изучении теории. На рисунке 1 представлен пример кроссворда по всему курсу.

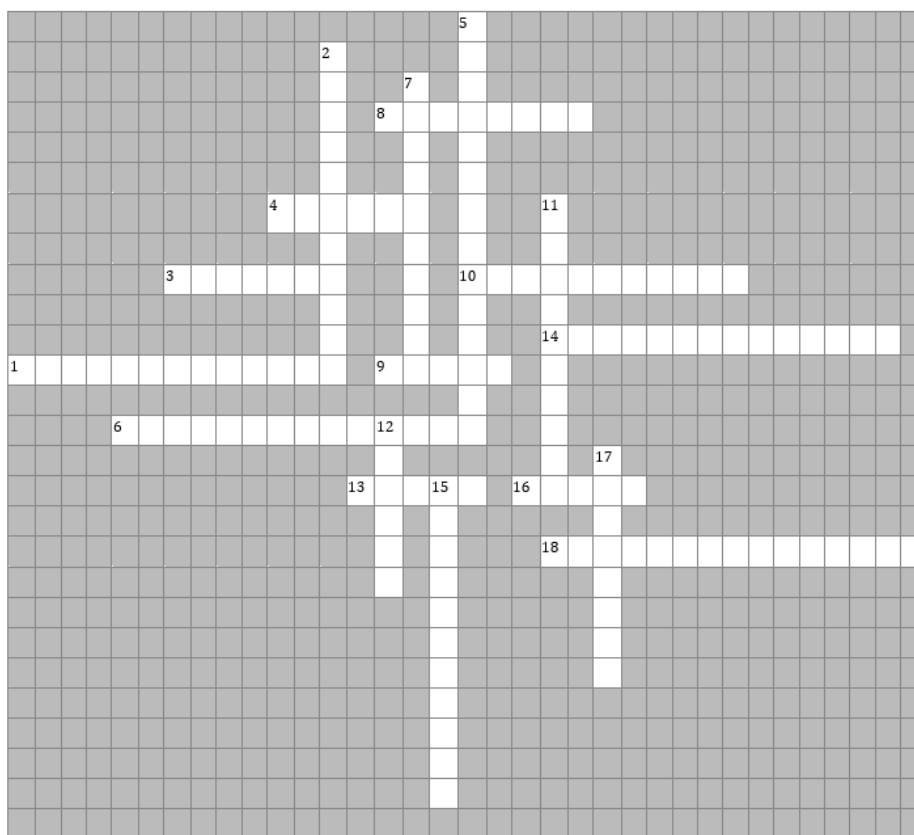


Рис. 1. Кроссворд по всему курсу дисциплины «Основы научных исследований»

**По горизонтали:**

1. Процесс мышления, который соединяет последовательность двух или более суждений, в результате чего появляется новое суждение

3. Мысль, которая отражает необходимые и существенные признаки объекта или явления

4. Проверенный практикой результат действительности, правильное ее отражение в сознании человека

6. Упорядоченная группировка всего собранного материала по содержанию и с учетом последовательности его использования для подготовки к письменной работе

8. Предположение о причине, которая вызывает данное следствие

9. Сфера исследовательской деятельности, направленная на получение новых знаний о природе, обществе и мышлении

10. Такое познание – следствие непосредственной связи человека с окружающей средой

13. Необходимые, существенные, устойчивые, повторяющиеся отношения между явлениями в природе и обществе

14. Деятельность, которая является копией деятельности другого человека либо копией своей собственной деятельности, выученной ранее

16. Способ теоретического или экспериментального исследования какого-либо явления или процесса

18. Цель такой науки – познание основных законов природы, общества и мышления

**По вертикали:**

2. Преобразование различных представлений в мозгу человека, соединение их в целую картину образов

5. По определению Ленгмюра, - *такая* наука – это психологический процесс, в котором ученый, изначально соответствующий научному методу, бессознательно отклоняется от этого метода и начинает патологический процесс интерпретации данных, выдающих желаемое за действительное

7. Метод аргументации в философии, а также форма и способ рефлексивного теоретического мышления, исследующие противоречия, обнаруживаемые в мыслимом содержании этого мышления

11. Отражение в мозгу человека свойств предметов или явлений в целом; создает первичный образ предмета

12. Метод исследования, который заключается в том, что предмет изучения мысленно или практически расчленяется на составные элементы

15. Внутренняя упорядоченность и согласованность более или менее дифференцированных и автономных частей целого или его строения

17. Движение человеческой мысли от незнания к знанию

### Библиографический список

1. Андросов К.Ю., Голубева Г.Ф., Спасенникова Е.В. Кроссворды в текущем контроле знаний как средство оптимизации банка тестовых заданий при разработке и освоении дистанционных курсов // Эргодизайн – 2020 г. – 81-92 с.

2. Мовчан И.Н. Роль контроля в обучении студентов // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения – 2008 г. – 183-187 с.

3. Твердохлеб О.Г. Кроссвордные задания как прием развивающего обучения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Проблемы языкознания и педагогики. - 2016. - № 2. - С. 139-146.

УДК 001.53; ГРНТИ 82.05.21

## ОСОБЕННОСТИ ДЕЛЕГИРОВАНИЯ ЗАДАЧ СОТРУДНИКАМ НА ОСНОВЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА

Н.Н. Гринченко, А.А. Попова

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, [popova.anni@mail.ru](mailto:popova.anni@mail.ru), [grinchenko\\_nn@mail.ru](mailto:grinchenko_nn@mail.ru)

*Аннотация.* В работе рассматриваются особенности компетентностного подхода в процессе делегирования. Приводятся основные задачи делегирования, его формы, а также цели. Представлена характеристика двух наиболее распространенных видов делегирования. Приведено обоснование необходимости применения компетентностного подхода при распределении задач на основе рассмотренных проблем классического делегирования.

*Ключевые слова:* делегирование, распределение задач, компетенции, компетентностный подход

## FEATURES OF DELEGATING TASKS TO EMPLOYEES BASED ON A COMPETENCY-BASED APPROACH

N.N. Grinchenko, A.A. Popova

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, [popova.anni@mail.ru](mailto:popova.anni@mail.ru), [grinchenko\\_nn@mail.ru](mailto:grinchenko_nn@mail.ru)

*The summary.* The paper examines the features of the competence-based approach in the delegation process. The main tasks of delegation, its forms, and goals are given. The characteristics of the two most common types of delegation are presented. The substantiation of the need to apply a competence-based approach in the allocation of tasks based on the considered problems of classical delegation is given.

*Keywords:* delegation, task allocation, competencies, competence approach

Делегирование – это набор мероприятий, направленных на распределение функций начальника между подчиненными [2]. Одним из основных понятий делегирования выступает *должностная инструкция*, в соответствии с которой руководитель ставит перед другими работниками задачи и отдает им часть собственной ответственности, тем самым наделяя их полномочиями для решения поручений. Делегирование является одним из классических методов управления персоналом, который позволяет руководителю равномерно распределять задачи между сотрудниками, достигая этим высокую степень их выполнения в заданные сроки, а также минимизировать потери от их простоя (как задач, так и самих сотрудников).

При успешном делегировании задач эффективность работы организации в среднем возрастает на 30-40% [1]. Чтобы достичь подобных показателей, следует соблюсти ряд условий:

- ограничение (за каждым руководителем закреплено определенное количество подчиненных);
- соблюдение обязанностей и прав (нельзя делегировать задачу тем сотрудникам, у которых она не прописана в должностной инструкции);
- закрепление ответственности (делегирование не означает полной передачи ответственности за выполнение задачи);
- единоначалие (давать указания может только один руководитель своим непосредственным подчиненным);
- передача ответственности (не только начальник, но и подчиненный отвечает за выполнение задачи);
- отчетность (все действия, показатели, статистика, результаты должны фиксироваться в отчетах).

В условиях ограниченности временных и трудовых ресурсов и все время увеличивающегося количества задач важно, чтобы руководители передавали задачи сотрудникам, обладающими требуемыми компетенциями, — это не только позволяет повысить эффективность работы, но и поддерживает благоприятный климат в коллективе за счет того, что возникает меньше конфликтных ситуаций.

При этом делегирование выступает не только инструментом управления задачами и персоналом, но и методом развития новых компетенций у сотрудников, поскольку им можно поручать более сложную деятельность. Тем самым можно повысить производительность и заинтересованность персонала в работе.

Исходя из всего вышесказанного, можно сформулировать *цели делегирования*:

- снижение нагрузки на руководителей;
- обеспечение четко прослеживаемой цепочки ответственности;
- обеспечение оптимальной занятости трудовых ресурсов;
- повышение эффективности работы всех звеньев организации;
- развитие новых компетенций сотрудниками;
- увеличение интереса сотрудников к работе.

Однако существует ряд задач, которые нельзя делегировать, и их выполняет сам руководитель. К ним относятся:

- утверждение итога генерального планирования;
- конфиденциальные дела (доступ к закрытой информации имеет ограниченное количество людей, и может возникнуть ситуация, что задачу некому передать);
- дела с высоким риском (за риски всегда несет ответственность руководитель).

Таким образом, делегирование выступает основным средством, при помощи которого можно распределять и координировать задачи в организации.

*Чтобы достичь максимальной эффективности от делегирования необходимо обеспечить максимальное соответствие поставленных задач реально имеющимся у сотрудни-*

ков компетенциям. Причем данное правило одинаково применимо как и для разово выполняемых, так и для повторяющихся дел.

Существует три фундаментальных условия для успешного делегирования:

- задачи перед сотрудниками должны ставиться в соответствии с компетенциями сотрудника и его опытом работы;
- для выполнения задачи у исполнителя должны быть соответствующие полномочия;
- четкое определение руководителя, перед которым исполнитель или группа исполнителей несет ответственность.

Существуют 2 основных способа распределения задач между сотрудниками в организации – «ёлочка» и «матрёшка» [2].

«Ёлочка» характеризуется тем, что исполнители на более низком уровне захватывают малую часть прав и ответственности руководителя, находящегося на верхнем уровне. Сильными сторонами подобной системы выступают высокая четкость и простота обнаружения исполнителя (ответственного лица), а слабой – распределение задач сверху вниз, что не очень эффективно, поскольку цели организации в большинстве случаев достигаются в горизонтальной плоскости. Из-за отмеченного недостатка могут возникать противоречия, на преодоление которых тратится много времени.

«Матрёшка» строится на другом подходе к подчинению, которое носит двойной или множественный характер. При нём права и ответственность вышестоящего руководства полностью поглощают права и обязанности подчинённых. Такой подход имеет существенный недостаток: трудно отследить зону ответственности и выявить виновного в случае невыполнения задачи.

Оба способа делегирования представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Способы делегирования

Однако современные образовательные и профессиональные стандарты основаны на компетенциях, поэтому необходимо применять компетентностный подход при распределении задач в организации.

Таким образом, **первую** проблему можно определить следующим образом: компетенции, которые определены в должностных инструкциях, не всегда соответствуют тем требованиям, которые установлены в образовательных стандартах. Это приводит к негативным последствиям как со стороны общества, так и со стороны самого учреждения. Во-первых, образуется разница между образом государственного служащего в общественном сознании и в компетентностных полномочиях. Во-вторых, ожидания органа власти относительно компетенций у сотрудника после образовательного учреждения не совпадают с имеющимся.

**Вторая** проблема – уровень развития компетенций даже у людей, обладающих одинаковым опытом и закончивших одно и то же направление (специальность) обучения не одинаков. Однако также следует учитывать, что человек может обладать дополнительными компетенциями, которые не прописаны в образовательном стандарте, по которому он обучался.

**Третья** проблема связана с использованием традиционных алгоритмов распределения, обеспечивающим делегирование между подчиненными по правилу «назначить задачу тому, кто сможет ее выполнить быстро и качественно». Могут возникнуть следующие ситуации:

- определенный набор задач всегда закреплен за одним исполнителем;
- несогласованность должностных инструкций и решаемых задач;
- отсутствие развития новых компетенций у других сотрудников.

Таким образом, **один человек становится носителем опыта**, который является одним из методов развития компетенций конкретного человека и организации в целом. А при продолжительном сроке службы сотрудник становится буквально незаменимым звеном цепи. Зависимость как бизнеса, так и государственного учреждения, от отдельно взятого сотрудника создает проблемы. Во-первых, бизнес-процесс становится завязанным на человеческом факторе, его выход частично или полностью зависит от мотивации или вообще наличия его единственного владельца. Во-вторых, при таком раскладе нет заменимости звеньев цепи, то есть отсутствует развитие смежных компетенций у сотрудников, которые занимаются сугубо одним типом задач. В-третьих, отсутствует желание развиваться у самого «незаменимого сотрудника», поскольку он уверен в абсолютности своих компетенций. В-четвертых, при экстренной замене владельца бизнес-процесса или сборе команды для решения задачи тратится больше трудовых и временных ресурсов, чем было бы потрачено на обучение других сотрудников заранее.

Таким образом, можно сделать вывод, что поскольку, на сегодняшний день, профессионализм сотрудников определяется компетентностью, т. е. способностью эффективно выполнять должностные обязанности, основываясь на собственных знаниях, умениях и навыках в рамках постоянного взаимодействия внутри организации и с внешней средой, поэтому есть необходимость в разработке нового подхода к распределению задач, основанному на компетенциях.

### Библиографический список

1. Аванесова М.Б., Нигматуллина Р.А. Делегирование полномочий и ответственности как способ обучения персонала
2. Рязанов С.А., Тухватуллин И.И., Кондратьев Е.В., Яцук К.В. Делегирование полномочий // АПРОБАЦИЯ №1 (52) – 2017 г. – с. 94-96

УДК 681.518; ГРНТИ 20.51

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ю.А. Маркина, А.А. Вьюгина

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, juliamark2000@gmail.com

*Аннотация.* В работе рассматриваются средства разработки мобильных приложений для автоматизированных информационных систем. Рассмотрены три главных подхода к разработке мобильных приложений: разработка с использованием нативных приложений, кросс-платформенных решений и специализированных платформ, в частности приложений на основе мобильной платформы «1С:Предприятие». Для каждого рассмотренного варианта средств разработки приведены достоинства и недостатки. Приведена сравнительная характеристика в виде таблицы, описаны наиболее подходящие сферы применения для каждого из типа решений.

*Ключевые слова:* мобильные приложения, нативные приложения, кросс-платформенные приложения, мобильная платформа 1С.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF MOBILE APPLICATION DEVELOPMENT TOOLS FOR AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS

U.A. Markina, A.A. Vyugina

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, juliamark2000@gmail.com

*The summary.* The paper considers the means of developing mobile applications for automated information systems. Three main approaches to the development of mobile applications are considered: development using native applications, cross-platform solutions and specialized platforms, in particular, applications based on the mobile platform "1С:Enterprise". For each considered variant of development tools advantages and disadvantages are given. A comparative characterization in the form of a table is given, the most suitable application areas for each type of solutions are described.

*Keywords:* mobile applications, native applications, cross-platform applications, 1С mobile platform.

Мобильные приложения для автоматизированных информационных систем позволяют контролировать выполнение различных бизнес-задач, таких как сбор заказов и коммуникация с клиентами, управление материалами и запасами, управление автотранспортом, управление складом и наличием товаров, кадровый учет и многие другие в зависимости от целей и задач конкретной системы.

Разработка таких мобильных приложений включает в себя использование различных средств, платформ и инструментов, каждый из которых имеет свои особенности, преимущества и недостатки [1]. Все средства разработки могут быть разделены на несколько основных категорий, которые напрямую связаны с подходами к разработке приложения. Всего можно выделить три вида: нативные приложения, кросс-платформенные решения и специализированные платформы, такие как мобильная платформа 1С [2]. Рассмотрим каждую из этих категорий подробнее.

### Нативные приложения

Данные мобильные приложения создаются под конкретную платформу или для конкретной операционной системы (ОС). Они используют специфические языки программирования и инструменты разработки, предоставляемые этой платформой.

К преимуществам при использовании средств разработки нативных приложений можно отнести быстрое взаимодействие с функциями мобильных устройств, такими как фото, уведомления, телефонная книга, геолокация, микрофон, а также возможность полноценно

использовать функционал ОС, так как при создании используются инструменты, которые связаны с платформой напрямую. Таким образом взаимодействие с платформой упрощается, из-за чего повышается скорость отклика и производительность [3]. Помимо этого, элементы управления всегда располагаются в стандартном виде в том месте, где пользователи привыкли их видеть.

Недостатками данного подхода являются:

1. Большой бюджет на разработку. Для создания нативных приложений для разных операционных систем требуется разрабатывать отдельные версии приложения, что может увеличить время и затраты на разработку.

2. Доступность. Выбор одной платформы ограничивает количество пользователей, которые могли бы пользоваться приложением.

3. Сложность поддержки и обновления. Обновление нативных приложений требует отдельной работы для каждой платформы, что может привести к несоответствию функций и возможностей между версиями и усложнить поддержку.

В настоящее время наиболее популярными ОС для мобильных устройств являются iOS и Android. Нативные приложения для iOS разрабатываются с использованием языков Objective-C или Swift, а также среды разработки Xcode, предоставляемых компанией Apple. Для Android же используются такие языки как Java и Kotlin. Основной интегрированной средой разработки выступает Android Studio.

Xcode предоставляет разработчикам набор инструментов для создания приложений для устройств, производимых компанией Apple, включая редактор кода, компилятор, средства для отладки, инструменты для проектирования интерфейса, управления зависимостями и многое другое. Помимо вышеупомянутых Swift и Objective-C, Xcode также поддерживает множество других языков программирования, таких как C, C++ и другие. Данная среда разработки тесно интегрирована с iOS, что обеспечивает эффективную разработку и тестирование приложений. Она поддерживает системы управления версиями, в том числе Git, что упрощает совместную работу в команде. Еще одним преимуществом является наличие встроенных инструментов визуализации интерфейса, а также симуляторов для тестирования кода на различных устройствах и версиях операционных систем, что исключает необходимость использования физических устройств. Однако, несмотря на все свои достоинства данная IDE работает только на операционной системе macOS, что ограничивает доступность для разработчиков, использующих другие операционные системы. Также к недостаткам можно отнести необходимость в большом количестве системных ресурсов, и нестабильные обновления среды.

Android Studio является официальной интегрированной средой разработки приложений на Android от компании Google. Android Studio предлагает мощные инструменты для разработки, тестирования и отладки мобильных приложений, включая инструменты для анализа производительности, отслеживание использования памяти, производительности CPU и анализ сетевых запросов. Данная IDE поставляется с интегрированным Android SDK, что обеспечивает легкий доступ к различным API и инструментам Android. Также как и Xcode, она имеет встроенный эмулятор, позволяющий быстро тестировать приложения на различных устройствах и версиях ОС. Android Studio также поддерживает множество различных плагинов, которые расширяют функциональность, добавляя новые инструменты и возможности для улучшения процесса разработки. К недостаткам Android Studio можно отнести высокие требования к системным ресурсам, особенно к оперативной памяти и процессору, а также большое количество времени, требуемое для загрузки и индексации проектов.

### **Кросс – платформенные решения**

Кросс–платформенные приложения — это мобильные или десктопные приложения, поддерживающие работу на нескольких операционных системах, с использованием единой кодовой базы. В отличие от нативных приложений, разработчики кросс – платформенных решений используют общие языки программирования и фреймворки для создания приложений, которые работают на разных устройствах. Это значительно снижает время и затраты на разработку и поддержку. Среди средств разработки самыми популярными являются такие фреймворки как React Native, Flutter и Xamarin.

React Native: фреймворк, который поддерживает создание мобильных приложений, используя языки JavaScript и React. Он позволяет JavaScript коду взаимодействовать с нативным кодом платформы, благодаря чему приложения, созданные с его помощью, обладают почти такой же производительностью и пользовательским опытом, как и нативные приложения. Важными особенностями фреймворка являются возможность видеть изменения в коде в реальном времени без необходимости перекомпиляции всего приложения, а также широкое сообщество и экосистема с множеством готовых компонентов.

Flutter: фреймворк от компании Google, предназначенный для создания интерфейсов на iOS и Android с единой кодовой базой. Flutter использует язык программирования Dart и содержит большую коллекцию предварительно разработанных виджетов, позволяющих разработчикам быстро создавать красивые и функционально полные приложения. Фреймворк рассчитан на создание приложений с высокой производительностью и плавностью анимации, благодаря чему приложения Flutter могут конкурировать с нативными по скорости и качеству пользовательского интерфейса [3]. Недостатками являются больший размер приложения, необходимость знания языка Dart, а также меньшее количество сторонних библиотек по сравнению с React Native.

Xamarin: фреймворк, позволяющий разработчикам использовать C# и .NET для создания приложений для таких ОС как Android, iOS, и Windows. Xamarin был приобретен компанией Microsoft в 2016 году, что позволило ему тесно интегрироваться с экосистемой Microsoft, включая Visual Studio и Azure. Приложения, разработанные с использованием Xamarin, имеют доступ к нативным API и инструментам каждой платформы, в результате чего обладают высокой производительностью и нативным пользовательским интерфейсом.

Кросс – платформенные приложения обладают рядом преимуществ.

1. Более низкие затраты при разработке только одной кодовой базы.
2. Уменьшение сроков разработки. Одна кодовая база ускоряет разработку и позволяет быстрее запускать приложение на различных платформах.
3. Упрощение поддержки и обновлений. Изменения и обновления можно внедрять одновременно для всех платформ, совершенствуя управление версиями и сокращая время на тестирование.

Однако, существуют и некоторые недостатки:

1. Более низкая производительность по сравнению с нативными приложениями из-за использования дополнительного слоя абстракции.
2. Ограничения функциональности.
3. Сложность в достижении единообразия пользовательского интерфейса на всех платформах.

### **Специализированные платформы**

Специализированные платформы для разработки мобильных приложений – это инструменты и фреймворки, которые могут интегрироваться с определенными специализированными информационными системами, в том числе и на предприятиях. Эти платформы предоставляют инструменты и библиотеки, упрощающие процесс создания приложений и авто-



матизирующие рутинные задачи, позволяя интегрировать мобильные приложения с различными бизнес-процессами и системами управления предприятиями.

Одним из средств для автоматизации бизнес-процессов предприятий различных сфер деятельности, включающим в себя комплексные решения для учета, отчетности, управления ресурсами предприятия является платформа 1С. Мобильная платформа 1С – специализированная платформа для разработки мобильных приложений, интегрированных с продуктами 1С. Она предназначена для создания приложений, которые могут работать как в автономном режиме, так и в режиме клиента для доступа к данным информационных баз 1С через Интернет.

Система состоит из платформы, или ядра, и конфигураций — прикладных программ, решающих те или иные задачи автоматизации. Конфигурации разрабатываются на базе платформы и не могут существовать в отрыве от нее [4]. На мобильное устройство устанавливается сразу и платформа «1С:Предприятие» и сама конфигурация. Информационная база на устройстве содержит вариант файловой базы данных (для хранения различных данных, с которыми работает или будет работать пользователь) и само приложение (программный байт-код, который исполняющийся на устройстве).

Существует три варианта мобильной версии. Каждый из этих вариантов реализует разные возможности взаимодействия с информационными базами:

1. Платформа мобильного клиента — позволяет собрать приложение, мобильный клиент, которое взаимодействует с информационными базами онлайн, аналогично тому, как это делают клиентские приложения настольной версии;

2. Платформа мобильного клиента с автономным режимом – позволяет собрать приложение, мобильный клиент с автономным режимом, которое в зависимости от наличия соединения позволяет взаимодействовать с информационными базами онлайн, либо использовать для работы локальную информационную базу на мобильном устройстве;

3. Мобильная платформа — позволяет собрать приложение мобильной платформы, которое использует для работы только локальную информационную базу на мобильном устройстве.

Ограничения 1С Mobile:

1. Интерфейс

- рабочий стол содержит только одну форму
- используются не все классы объектов конфигурации
- не используется механизм распределенных информационных баз
- используется ограниченный набор элементов формы
- не поддерживается пошаговая отладка
- не используется язык запросов и система компоновки данных, а также ряд других отличий

2. Отсутствие возможности работать с broadcast-событиями (данная опция необходима для связи приложений между собой и с системой)

3. Необходимость покупки лицензии на каждое приложение, установленное сотруднику.

Достоинства 1С Mobile:

1. Меньшая стоимость. Создание приложения на 1С обойдется дешевле разработки на нативных языках (Kotlin/Java — для Android и Swift/Objective-C — для iOS) за счет готовых бизнес-решений.

2. Кроссплатформенность — возможность создания и использования приложений на устройствах с разными операционными системами, такими как Android и iOS.

3. Множество типовых конфигураций, подходящих для каждого предприятия, и отраслевых продуктов, рассчитанных на потребности конкретного бизнеса. Все они могут интегрироваться с мобильными приложениями.

4. Высокая скорость разработки.

5. Простой и интуитивно понятный интерфейс.

6. Возможность изменения и доработки продукта. При необходимости всегда можно подвести функционал приложения под потребности предприятия.

Мобильная платформа 1С обеспечивает высокую степень интеграции с корпоративными системами, управляемыми продуктами 1С, что делает её идеальным выбором для разработки корпоративных мобильных приложений, требующих работы с бухгалтерскими, управленческими и другими видами данных в рамках экосистемы 1С. Она представляет собой уникальное решение для тех, кто уже использует продукты 1С для управления своим бизнесом, поскольку в таком случае достигается самая глубокая интеграция, расширяющая функциональность имеющейся системы за счет мобильных приложений.

Каждый из рассмотренных подходов имеет свои сильные и слабые стороны, и выбор конкретного инструмента зависит от множества факторов, таких как цели приложения, целевая аудитория, бюджет проекта и предпочтения разработчиков. В таблице приведено сравнение всех трех рассмотренных подходов и средств разработки.

Таблица 1. Сравнение средств разработки мобильных приложений

Критерий	Нативные приложения	Кросс – платформенные приложения	Приложения на мобильной платформе 1С
Языки программирования и платформы для разработки	Swift, Objective-C, Xcode (iOS); Java, Kotlin, Android Studio (Android)	React Native, Flutter, Xamarin	Специализированные инструменты и язык 1С
Поддерживаемые платформы	iOS, Android	iOS, Android, другие	iOS, Android, веб-клиенты
Преимущества	Высокая производительность, полный доступ к функциям устройства	Использование одного кода сразу для нескольких платформ, уменьшение затрат на разработку и поддержку	Глубокая интеграция с продуктами 1С, удобство разработки под корпоративные нужды
Недостатки	Необходимость разработки отдельных приложений для каждой платформы, высокие затраты на поддержку	Меньшая производительность по сравнению с нативными приложениями, возможные ограничения в доступе к функциям устройства	Ограниченность экосистемой 1С, требование специальных знаний для разработки
Использование	Приложения с высокими требованиями к производительности и интеграции с устройством	Корпоративные приложения, приложения средней сложности	Корпоративные приложения для бизнеса, требующие интеграции с системами 1С

Таким образом, можно определить варианты использования каждого средства разработки в зависимости от целей приложения и требований к времени и стоимости разработки.

Средства разработки нативных решений идеально подходят для разработки высокопроизводительных приложений, требующих глубокой интеграции с устройством. Примерами могут служить приложения для финансовых и медицинских информационных систем и приложения, использующие сложные анимации и графику.

Кросс–платформенные приложения и их средства разработки хорошо подходят для корпоративных информационных систем, образовательных и медиа-приложений. Использо-

ются в том случае, когда скорость разработки и поддержка нескольких платформ важнее чем максимальная производительность.

Приложения на мобильной платформе 1С подойдут для корпоративных систем управления предприятием (ERP), бухгалтерских и управленческих информационных систем, которым требуется тесная интеграция с продуктами 1С. Эти приложения идеально подходят для автоматизации бизнес-процессов и обеспечения мобильного доступа к корпоративным данным в рамках экосистемы 1С.

### Библиографический список

1. Обзор инструментальных средств для разработки мобильных приложений. — Текст: электронный // science-engineering.ru : [сайт]. — URL: <https://science-engineering.ru/ru/article/view?id=1151>.
2. Виды мобильных приложений / Б.Х Нгуен, Д.Ч Нгуен, Н.Х Нгуен [и др.]. — текст : непосредственный // Синергия наук. — 2017. — № 7. — С. 246-253.
3. Обзор инструментальных средств для разработки мобильных приложений. — Текст: электронный // science-engineering.ru : [сайт]. — URL: <https://science-engineering.ru/ru/article/view?id=1151>.
4. Мобильная версия платформы. — Текст: электронный // v8.1c.ru : [сайт]. — URL: <https://v8.1c.ru/platforma/mobilnaya-platforma-1s-predpriyatiya/>.

УДК 004.42; ГРНТИ 50.10.43

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ОБНАРУЖЕНИЯ И СЛЕЖЕНИЯ ЗА ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Д.В. Шестов

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, [dima.shestov.97@gmail.com](mailto:dima.shestov.97@gmail.com)*

*Аннотация.* Обнаружение движущихся объектов в видеопоследовательности и надежное обнаружение движущихся объектов в видеокдрах для приложений видеонаблюдения является сложной задачей. Обнаружение объектов является фундаментальным шагом для автоматизированного видеоанализа во многих приложениях визуального контроля. Обнаружение объектов в видео обычно выполняется с помощью детекторов объектов или методов вычитания фона. Часто для детектора объектов требуется ручная маркировка, в то время как для вычитания фона требуется обучающая последовательность. К автоматизации анализа, обнаружение объектов без отдельного этапа обучения становится критически важной задачей.

*Ключевые слова:* видеопоследовательность, обнаружение объектов, автоматизация, вычитание фона.

## HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR DETECTING AND TRACKING MOVING OBJECTS

D.V. Shestov

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russian Federation, Ryazan, [dima.shestov.97@gmail.com](mailto:dima.shestov.97@gmail.com)*

*The summary.* Detecting moving objects in a video sequence and reliably detecting moving objects in video frames is a difficult task for video surveillance applications. Object detection is a fundamental step for automated video analysis in many visual inspection applications. Object detection in video is usually performed using object detectors or background subtraction techniques. Often, object detection requires manual marking, while background subtraction requires a training sequence. By automating the analysis, object detection without a separate training stage becomes a critically important task.

*Keywords:* video sequence, object detection, automation, background subtraction.

Автоматизированный видеоанализ важен для многих приложений визуализации. Существует три ключевых этапа автоматизированного видеоанализа: обнаружение объекта, от-

слеживание объекта и распознавание поведения. В качестве первого шага функция обнаружения объектов направлена на то, чтобы найти и сегментировать интересные объекты в видео. Затем такие объекты могут отслеживаться от кадра к кадру, и треки могут быть проанализированы для распознавания поведения объекта. Таким образом, обнаружение объектов играет решающую роль в практических приложениях.

Обнаружение и извлечение движущегося объекта из видеопоследовательности используется в различных приложениях, таких как системы видеонаблюдения, мониторинг дорожного движения, фиксация движений человека, ситуационная осведомленность, охрана границ и мониторинг, безопасность аэропортов. Движущийся объект может быть обнаружен по видеопоследовательностям как неподвижной, так и движущейся камеры. Основная цель обнаружения переднего плана - отличить объекты переднего плана от неподвижного фона. Обнаружение движущихся объектов на видеоизображениях очень важно. Для автоматического обнаружения движущихся объектов в системе мониторинга необходимы эффективные алгоритмы. Распространенным методом является простое вычитание фона, т.е. вычитание текущего изображения из фона. Но он не может обнаружить разницу, когда разница в яркости между движущимися объектами и фоном невелика. Другой подход заключается в использовании некоторых алгоритмов, таких как метод вычитания на основе цвета [1, 4].

Существует несколько методов обнаружения движущихся объектов.

### 1. Метод оптического потока

Метод оптического потока является сложным и обладает плохими помехозащищенными характеристиками, и он не может быть применен для обработки в реальном времени без специального аппаратного устройства. Предлагается метод автоматического извлечения движущихся объектов с использованием кластеризации  $x$ -средних. В этом методе характерные точки извлекаются из текущего кадра, и кластеризация  $x$ -средних классифицирует характерные точки на основе их оцененных параметров аффинного движения [2]. Сегментированной области присваивается метка, которая получается с помощью морфологического водораздела путем голосования за кластер характерных точек в каждом регионе. Результат маркировки представляет собой извлечение движущегося объекта.

### 2. Вычитание последовательных кадров

Вычитание последовательных кадров - это простая операция, которая легко реализуется и обладает высокой адаптивностью к динамическим изменениям окружающей среды. Но из него нельзя полностью извлечь движущиеся цели. Предлагается новый метод извлечения движущихся объектов из видеопоследовательностей, основанный на модели Гауссовой смеси и водораздела, где сначала вычисляется разница между соседними кадрами, которая описывается моделью гауссовой смеси, затем происходит разделение на движущиеся области и фон с помощью алгоритма улучшенной максимизации математического ожидания (Expectation-Maximization).

Алгоритм вычисления данного метода для обработки цветного изображения в формате RGB представлен следующей последовательностью действий: на вход поступают два видеокadra, представляющие собой две последовательности байтов в формате RGB, после чего происходит вычисление межкадровых разностей попиксельно.

$$R_{res}^i = |R_1^i - R_2^i|$$

$$G_{res}^i = |G_1^i - G_2^i|$$

$$B_{res}^i = |B_1^i - B_2^i|$$

где, значение  $R_{res}^i, G_{res}^i, B_{res}^i$  – значения красного, зеленого и синего компонентов цвета  $i$ -го пикселя результирующего растра,  $R_1^i, G_1^i, B_1^i, R_2^i, G_2^i, B_2^i$  – значения красного, зеленого и синего компонентов цвета  $i$ -го пикселя на текущем и последующем кадрах.

Для каждого пикселя высчитывается среднее значение между значениями трех основных компонентов цвета:

$$p^i = \frac{(R_{res}^i + G_{res}^i + B_{res}^i)}{3}$$

Среднее значение сравнивается порогом. В результате чего формируется двоичная маска:

$$m^i = \begin{cases} 0, & p^i < T \\ 1, & p^i \geq T \end{cases},$$

где,  $m^i$ - это значение  $i$ -го элемента маски, а  $T$  – порог чувствительности.

В маске элемент, равный единице, будет располагаться в том месте, где присутствует движение. Но стоит учитывать то, что возможно присутствие погрешностей и ложных срабатываний каких-то элементов маски.

### 3. Вычитание фона

Вычитание фона является распространенным методом обнаружения движущихся объектов, и он широко используется во многих системах видеонаблюдения, но все еще остается сложной задачей отличить движущиеся объекты от фона, когда фон значительно меняется. Отделение переднего плана от фона в видеоряде является одной из наиболее фундаментальных задач во многих приложениях компьютерного зрения. Чтобы обнаружить движущиеся объекты, каждый входящий кадр сравнивается с фоновой моделью, полученной из предыдущих кадров, чтобы разделить сцену на передний план и фон. Таким образом, фоновое моделирование активно исследовалось в последнее десятилетие. Трудность, с которой приходится сталкиваться при моделировании фона, заключается в том, что наружные фоны на практике обычно не стационарны. Вообще говоря, существует две категории онлайн-методов моделирования фона. Первый моделирует фон, используя одну модель на пиксель, в то время как второй использует несколько моделей на пиксель.

Вычитание фона – широко используемый подход для обнаружения движущихся объектов со статичных камер. Существует четыре основных этапа алгоритма вычитания фона:

- Предварительная обработка
- Фоновое моделирование
- Обнаружение переднего плана
- Проверка данных

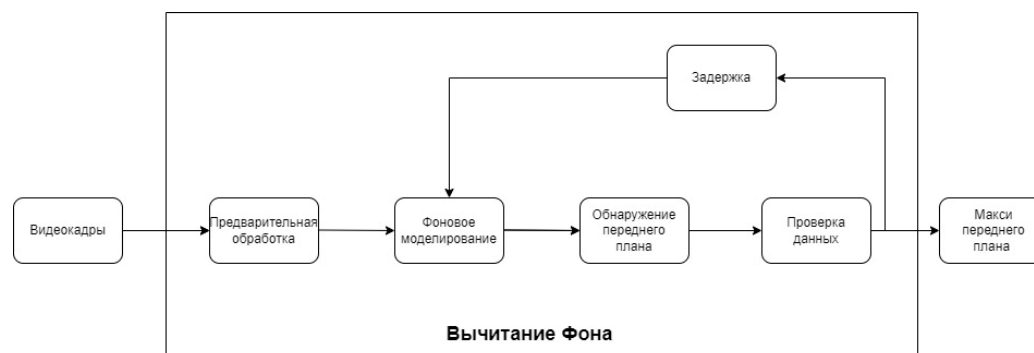


Рис. 1. Иллюстрация алгоритма вычитания фона

При вычитании фона общее предположение заключается в том, что фоновая модель может быть получена из обучающей последовательности, которая не содержит объектов переднего плана [3].

Исходя из изложенного, главной целью является создание на основе одного из методов обнаружения движущихся объектов программно-аппаратного комплекса, при помощи которого можно будет обнаруживать объекты и после следить за их движением.

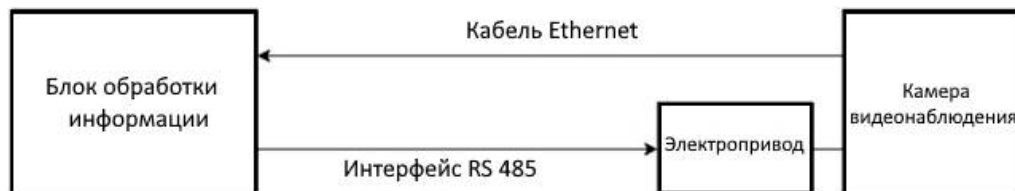


Рис. 2. Схема устройства обнаружения и слежения за подвижными объектами

Как видно из рисунка, камера подключается по любому из используемых в видеосистемах интерфейсов: Ethernet (кабель или беспроводная сеть), USB, коаксиальный кабель. Блок обработки информации представляется собой видеорегистратор, задача которого определять движение объекта и формировать сигнал, соответствующий параметрам поворота камеры. Видеорегистратор не нужно подключать к компьютеру. По сути это и есть компьютер, который специально спроектирован для работы с видеоданными. Передачу данных параметров на устройство поворота, которое обеспечивает слежение камеры за объектом, можно осуществить при помощи интерфейса RS485, в основе которого лежит интерфейс UART. Устройство управления поворотом камеры можно реализовать при помощи микроконтроллера Microchip (ранее Atmel) семейства AVR – Atmega328p.

### Библиографический список

1. N. Paragios, and R. Deriche.. Geodesic active contours and level sets for the detection and tracking of moving objects. IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell. 22, 3, 266–280, 2000.
2. A Survey on Moving Object Detection and Tracking in Video Surveillance System Kinjal A Joshi, Darshak G. Thakore International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE) ISSN: 2231-2307, Volume-2, Issue-3, July 2012.
3. James W. Davis, Stephanie R. Taylor, “Analysis and Recognition of Walking Movements,” In Proc.16th Int’l Conf. on pattern Recognition, 2002, vol.1, pp. 315 – 318.
4. Yoginee B. Bramhe(Pethe), P.S. Kulkarni, “An Implementation of Moving Object Detection, Tracking and Counting Objects for Traffic Surveillance System,” Int’l Conf. on Computational Intelligence and Comm. Networks (CICN), 2011, pp. 143 – 148.

УДК 004.42; ГРНТИ 50.41.25

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДЕЛЕГИРОВАНИЯ ЗАДАЧ

Н.Н. Гринченко, А.А. Попова

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, popova.anni@mail.ru, grinchenko\_nn@mail.ru

*Аннотация.* В работе рассматривается процесс разработки информационной системы для распределения задач между сотрудниками с учетом их компетенций. Приведена схема базы данных, созданная на ее основе конфигурация 1С, а также описаны функциональные требования системы и пути ее улучшения.

*Ключевые слова:* делегирование, распределение задач, компетенции, компетентностный подход, 1С, информационная система

## DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM TO AUTOMATE THE TASK DELEGATION PROCESS

N.N. Grinchenko, A.A. Popova

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, popova.anni@mail.ru, grinchenko\_nn@mail.ru

*The summary.* The paper considers the process of developing an information system for distributing tasks among employees, taking into account their competencies. The scheme of the database, the 1C configuration created on its basis, is given, as well as the functional requirements of the system and ways to improve it are described.

*Keywords:* delegation, task allocation, competencies, competence approach, 1C, information system

Создаваемый ИТ-продукт – это информационная система (ИС) для интеллектуального распределения задач с учетом компетенций как в бизнес-сфере, так и в бюджетных учреждениях.

Основной предпосылкой для создания подобного рода ИС являются проблемы, с которыми столкнулось Минцифры РО.

1. После приема на работу новый сотрудник не сразу понимает суть своих обязанностей, он вынужден искать помощь у своих коллег или руководителей, что негативно сказывается на работе всей организации.

2. В экстренных ситуациях трудно обеспечить взаимозаменяемость сотрудников из-за отсутствия явной матрицы компетенций.

3. Человеческий фактор при распределении задач негативно сказывается на качестве и времени их выполнения.

4. Оценка эффективности сотрудника должна показывать не только количество выполненных и не выполненных задач, но и отражать причины полученных результатов: связан ли успех с развитыми компетенциями и работой наставника, а неуспех – с личными проблемами или неуточненными параметрами.

Система должна помогать осуществлять выбор на основе нескольких факторов, одни из которых явно влияют друг на друга, а связь других человеку зачастую не очевидна [1].

Создаваемая ИС должна решить проблемы, которые возникают при ручном назначении исполнителей:

– количественная оценка компетенций с целью автоматического распределения задач и возможности замены одного сотрудника другим в случае необходимости;

– количественный учет производительности сотрудника путем подсчета времени, затраченного на выполнение задачи;

– создание единой базы для обучения; система тестирования; среда подготовки наставников.

Схема базы данных фирмы для интеллектуальной системы распределения задач между сотрудниками с учетом компетенций представлена на рисунке 1.

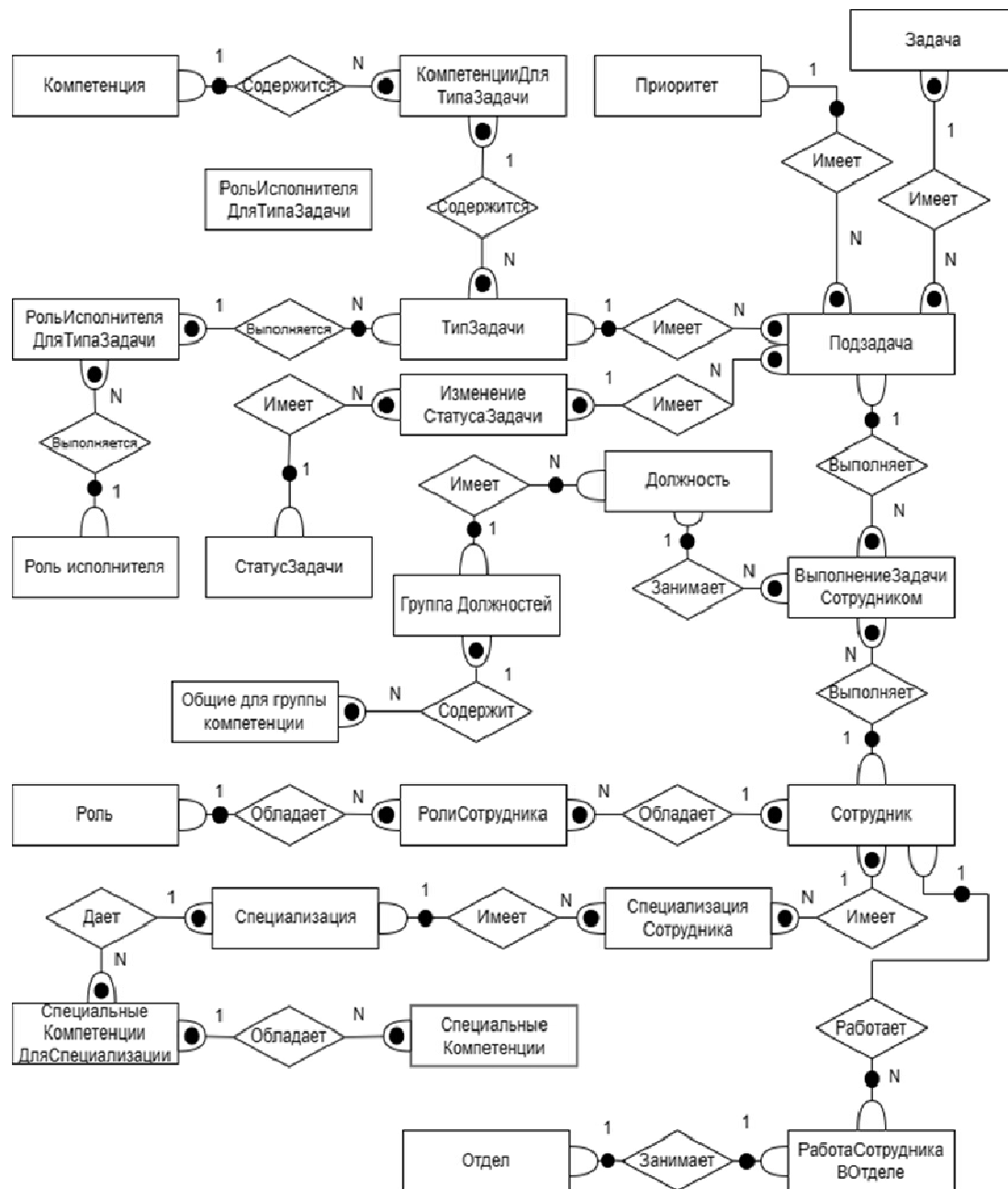


Рис. 1. Схема базы данных

На основе описанной схемы БД была создана конфигурация (рисунок 2).

Накладывая схему разработанной базы данных на парадигму 1С, можно прийти к следующим выводам: Справочники как объекты метаданных выступают самостоятельными сущностями, а Документы – ассоциативными, то есть теми, которые появляются из дополнительного отношения в связи N:N. Вложенность реализована в виде группировки элементов справочника.

Многомерный анализ и сохранение истории изменения данных в 1С реализован посредством регистров.

Возвращаясь к функциональным требованиям, следует отметить, что вся информация о компетенциях представлена в справочнике «Компетенции», банк заданий для тестирования содержится в справочнике «Вопросы»; промежуточный контроль компетенций осуществляется посредством документа «ТестированиеНаКомпетенции», а история хранится в регистре «ТестированиеНаСпециализациюСотрудника».



Для хранения и добавления новых производционных правил создан дополнительный справочник «ПроизводционныеПравила». На основании регистров генерируются 5 отчетов: ЭффективностьРаботыСотрудников, ОсвоениеКомпетенций, Заменяемость-Сотрудников, ОтчетПоЗадачам, РаботаАвтоматическогоДелегирования.

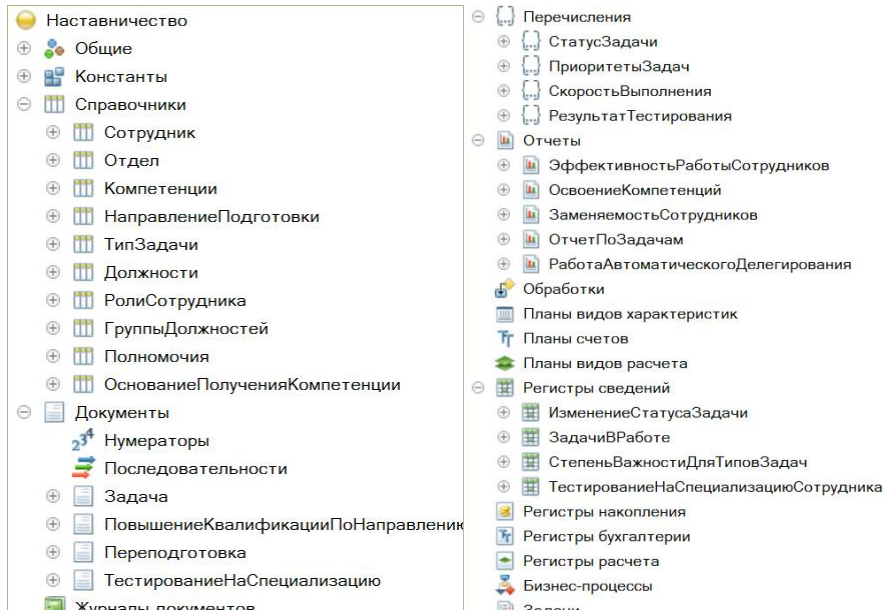


Рис. 2. Дерево разработанной конфигурации

Все функциональные требования к системе представлены на рисунке 3 в виде диаграммы Исикавы.

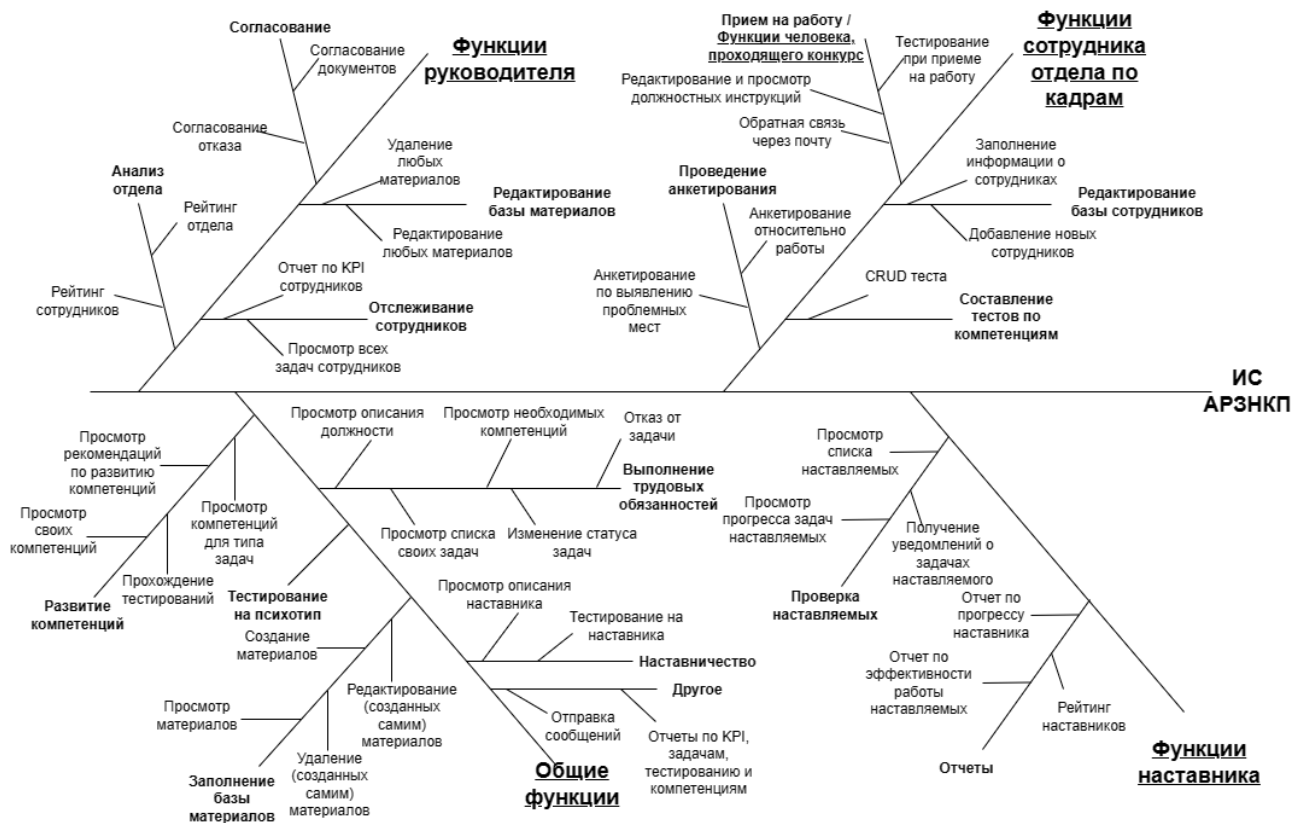


Рис. 3. Диаграмма Исикавы

Для дальнейшего развития разработанной ИС можно ввести «оценки значимости» сотрудников, отражающих уровень их профессиональной подготовки. Для более точного математического представления индивидуальности исполнителя необходимо объединить результаты, полученные в ходе оценки компетенций, с показателями его мотивации.

Мотивации персонала – это немаловажный аспект, который влияет на разработку руководством планов по улучшению работы и повышению эффективности работы всей организации [2]. Оценка мотивации позволит более качественно формировать команды и создавать стратегии персонального развития профессиональных и коммуникативных навыков.

### Библиографический список

1. Аванесова М.Б., Нигматуллина Р.А. Делегирование полномочий и ответственности как способ обучения персонала
2. Рязанов С.А., Тухватуллин И.И., Кондратьев Е.В., Яцук К.В. Делегирование полномочий // АПРОБАЦИЯ №1 (52) – 2017 г. – с. 94-96

УДК 378.147; ГРНТИ 14.01.29

## ПРЕДМЕТНО-ЯЗЫКОВОЕ ИНТЕГРИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВОГО ВУЗА

Н.Н. Гринченко, И.Н. Трушкова

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, irina.trushkova.73@mail.ru, grinchenko\_nn@mail.ru*

*Аннотация.* Данная статья посвящена ряду проблем, связанных с предметно-языковым интегрированным обучением студентов (в том числе иностранных студентов) неязыковых специальностей высшей школы. Для успешного выполнения поставленной задачи представляется необходимым уточнить ряд терминов, исследовать особенности работы преподавателей профильных предметов и преподавателей иностранных языков в техническом вузе, определить перспективы применения такого подхода в сфере высшего профессионального образования. Рассматриваются перспективы внедрения интегрированного обучения в рамках учебного курса РГРТУ.

*Ключевые слова:* профессиональная и иноязычная коммуникативная компетенции, неязыковые специальности, интегрированное обучение, иностранные студенты, высшее профессиональное обучение, предметно-языковая интеграция.

## SUBJECT-LANGUAGE INTEGRATED TEACHING OF STUDENTS OF NON-LINGUISTIC SPECIALTIES OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, irina.trushkova.73@mail.ru grinchenko\_nn@mail.ru*

*The summary.* The article deals with the importance and peculiarities of the subject-language integrated teaching of students of non-linguistic specialties of higher educational institutions. The prospects for the application of the suggested methodology and the main features of using it in the system of subject-language integrated teaching are also studied. The article contains some elements of the course program and gives examples of lab works and workshops developed by the authors.

*Keywords:* foreign language for non-linguistic specialties, language-based integrated teaching, higher educational institutions, professional education, subject-language integrated teaching, methodology, content and language integrated learning/ teaching (CLIL).

Предметно-языковая интеграция обусловлена тесным взаимодействием российских и международных образовательных и научных сообществ и указывает на необходимость объединения преподавателей профильных дисциплин с преподавателями иностранного языка с

целью разработки и применения иных форм и методов обучения студентов в неязыковом вузе.

Такая интеграция позволяет развивать межпредметные связи, осуществлять межпредметный перенос, совершенствовать основные профессиональные и иноязычные коммуникативные компетенции (речевая и языковая компетенция, социокультурная/межкультурная, компенсаторная, учебно-познавательная компетенция), развивать способность к самообразованию, владеть инновационными технологиями, владеть иностранными языками на высоком профессиональном уровне. Кроме того, это обеспечивает максимально эффективную реализацию программы профессиональной и научно-исследовательской подготовки будущих специалистов.

Межпредметные связи являются сейчас одним из принципов современного образования. При таком подходе иностранный язык в техническом вузе при мизерном количестве часов становится необходимым эффективным средством в течение всего профессионального обучения студентов. В случае с иностранными студентами, такое предметно-языковое интегрированное обучение полностью снимает языковые барьеры, сложности понимания профильной технической, экономической дисциплины, создается ситуация успеха. В условиях предметно-языковой интеграции у преподавателей профильных предметов и студентов повышается интерес и потребность к изучению иностранных языков, у иностранных студентов развивается и поддерживается мотивация к изучению профильных дисциплин в российских неязыковых вузах. Не секрет, что обучение иностранному языку студентов неязыковых специальностей ограничивается учебной программой второго курса. Отсутствие системной речевой практики на старших курсах ведет к потере коммуникативных иноязычных навыков и умений, межкультурного опыта общения.

Решение задачи интегрирования иностранного языка и профессиональных неязыковых дисциплин позволит компенсировать эти проблемы, использовать иностранный язык как эффективное средство обучения профильным предметам на иностранном языке на протяжении всего периода обучения в вузе, как для студентов бакалавриата, так и для студентов магистратуры, как для российских студентов, так и для иностранных студентов.

Согласно исследованию Н.В. Батуриной и др. [1-2], предметно-языковое интегрированное обучение (CLIL) – это двунаправленный компетентностный подход к обучению, в котором иностранный язык используется для преподавания как основного (профильного) предмета, так и для изучения самого языка, т.е. интегрируются способы обучения предмету и изучение самого иностранного языка. При этом не требуется от студентов изначальное профессиональное владение иностранным языком, в процессе такого обучения они повышают свой уровень иностранного языка и изучают профильный предмет одновременно, а иностранные студенты овладевают профессионально-ориентированными, академическими и лингвистическими знаниями без языковых помех в понимании профильного предмета.

Несомненно, результатом такой модели обучения является получение высокопрофессиональных знаний на иностранном языке, а также активное привлечение ярких и целеустремленных студентов из разных стран. В процессе предметно-языкового интегрированного обучения студенты приобретают умения использовать иностранный язык по специальности, они смогут активно внедрять свои полученные знания по профилю как на родном языке, так и на иностранном, выполнять научно-исследовательские работы на иностранном языке, участвовать в международных конференциях со своими наработками на иностранном языке.

В настоящее время интегрированное обучение профильному предмету и иностранному языку в неязыковом вузе является развивающейся областью теоретических и практических исследований, направленных на определение методов, приемов и форм такой модели обучения [3]. Общая единая концепция того, как должен вуз выстроить такое обучение, пока еще находится в процессе разработки и определения. Еще необходимо учитывать тот факт,

что каждое учебное заведение имеет свою специфику, что не может не отразиться на выборе форм и методов обучения студентов на иностранном языке в рамках данной модели.

Обучение студентов может происходить параллельно на родном и на иностранном языке. В неязыковом вузе иностранный язык вынесен как отдельная учебная дисциплина для студентов 1 и 2 курсов, но непосредственно связанная с направлением профильных предметов. Можно предположить, что на последующих курсах в рамках учебной программы по профильному предмету весь или часть курса может преподаваться на иностранном языке, включая аудиторные лекционные занятия и лабораторные/семинарские работы. Таким образом, в рамках курса лекционный теоретический материал подкрепляется практическими занятиями на иностранном языке в зависимости от целей и требований рабочей программы, это позволит студентам использовать иностранный язык в процессе обсуждения вопросов курса и самостоятельного выполнения необходимых заданий. Несомненно, что теоретические и практические материалы курса должны учитывать языковой уровень студентов, коммуникативные умения и навыки в разных формах выражения мыслей (чтение, говорение, письмо, аудирование) и разрабатываться с учетом методики преподавания иностранного языка, обеспечивать необходимую языковую поддержку студентов для выражения определенных идей. Языковые средства должны отбираться и корректироваться в зависимости от содержания занятий, цели изучения материала (проверка знаний, тренировка навыков и т.д.).

Авторами статьи предлагается использовать предметно-языковую интеграцию для преподавания учебных дисциплин, обучающихся проектированию и программированию информационных систем. Подавляющее большинство языков программирования построено на базе лексики английского. Зная его, студентам будет проще понимать терминологию, осваивать разные языки программирования и писать код на них. Кроме этого, многие инструментальные средства разработки ПО предоставляют интерфейс только на английском языке, из-за чего возникают сложности с их использованием. Зачастую даже те системы, интерфейсные элементы которых были переведены на русский язык, имеют спорные названия команд из-за не всегда правильной интерпретации слов и фраз.

В рамках данной статьи рассматривается изучение дисциплины «Программирование на языке SQL», как наиболее подходящей для предметно-языковой интеграции. Это обосновывается тем, что данный язык изобрела фирма IBM для рядовых пользователей, которые не умеют программировать. Он похож на английский и имеет такую же структуру (синтаксис). Таким образом, освоение дисциплины «Программирование на языке SQL» с использованием обсуждаемого подхода позволит упростить процесс обучения как для российских, так и для иностранных студентов, и, как следствие, повысить степень усвоения учебного материала. Для поддержки процесса обучения по указанной дисциплине авторами планируется издание учебников на печатной основе, а также разработка электронных курсов на русском и английском языках в системе дистанционного обучения. В дополнение студентам будут предложены методические материалы для выполнения лабораторных и практических работ, а также курсовых проектов на двух языках. Для упрощения доступа студентов предполагается разместить все учебные материалы на образовательном портале университета, дополнив их презентациями с фрагментами исходного кода с комментариями и видео-материалами, демонстрирующими решение типовых задач и сопровождаемыми устным пояснением преподавателя (также на двух языках.).

В заключение следует подчеркнуть, что предметно-языковое интегрированное обучение может решить многие проблемы в обучении как профильным предметам, так и иностранным языкам в неязыковом вузе, повысить качество профессиональных и лингвистических знаний, умений и навыков студентов посредством иностранного языка, а также привлечь внимание студентов к иностранному языку через профильный предмет. И не менее важным преимуществом такой интеграции предметов является повышение мотивации иностранных студентов к глубокому изучению профильных неязыковых дисциплин, создание

необходимой комфортной межкультурной среды обучения на иностранном языке для всех участников учебного процесса.

### Библиографический список

1. Батурина Н.В. Использование приемов, методов и моделей, системы CLIL в процессе обучения английскому языку студентов бакалавриата [Электронный ресурс]/ Батурина Н.В., Руковишников Ю.С., Батунова И.В.//. – 2017. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-priemov-metodov-i-modeley-sistemy-clil-v-protseesse-obucheniya-angliyskomu-yazyku-studentov-bakalavriata?ysclid=lta79ti372703755823> (дата обращения: 29.02.2024)
2. Мартынова О.В. Характеристика предметно-языкового интегрированного обучения [Электронный ресурс]/ Мартынова О.В.//. – 2019. – URL: <http://kgau.ru/new/all/konferenc/konferenc/2019/g28.pdf> (дата обращения: 29.02.2024)
3. Попова Н.В. Предметно-языковое интегрированное обучение в вузовском учебном процессе // Инновационные идеи и подходы к интегрированному обучению иностранным языкам и профессиональным дисциплинам в системе высшего образования: Материалы международной школы-конференции 27-30 марта 2017 года / под общей ред. Д.И. Кузнецова, Н.И. Алмазовой, Ф.И. Валиевой, Л.П. Халяпиной. Спб.: Изд-во Политех.ун-та, 2017. С. 163- 166.

УДК 621.391; ГРНТИ 47.03.05

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO UNO С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОДИОДНОГО МОДУЛЯ RGB И СВЕТОДИОДА

Е.Д. Пчелинцева, Д.Д. Говорская

Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина  
Рязань, [lisapchelintseva@gmail.com](mailto:lisapchelintseva@gmail.com), [Kii-Shot@yandex.ru](mailto:Kii-Shot@yandex.ru)

*Аннотация.* Целью данной работы является исследование возможностей Arduino Uno с использованием светодиодного модуля RGB и светодиода. Arduino Uno – платформа для разработки и программирования микроконтроллерных проектов. Платформа представляет собой плату с микроконтроллером, которая имеет ряд цифровых и аналоговых входов/выходов, а также возможности подключения к компьютеру через USB. Arduino Uno поддерживает язык программирования Arduino, основанный на языках C и C++. Платформа подходит как для начинающих, так и для опытных разработчиков. В данной работе осуществляется реализация цепи, состоящей из Arduino Uno, светодиодного модуля RGB, светодиода, резистора.

*Ключевые слова:* микроконтроллер, Arduino Uno, светодиодный модуль RGB, светодиод

## INVESTIGATION OF THE ARDUINO UNO MICROCONTROLLER USING AN RGB LED MODULE AND AN LED

E.D. Pchelintseva, D.D. Govorskaya

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Ryazan, [lisapchelintseva@gmail.com](mailto:lisapchelintseva@gmail.com), [Kii-Shot@yandex.ru](mailto:Kii-Shot@yandex.ru)

*Annotation.* The purpose of this work is to explore the capabilities of the Arduino Uno using an RGB LED module and an LED. Arduino Uno is a platform for the development and programming of microcontroller projects. The platform is a board with a microcontroller, which has a number of digital and analog inputs/outputs, as well as the ability to connect to a computer via USB. Arduino Uno supports the Arduino programming language based on C and C++ languages. The platform is suitable for both beginners and experienced developers. In this work, the implementation of a circuit consisting of an Arduino Uno, an RGB LED module, an LED, a resistor is carried out.

*Keywords:* microcontroller, Arduino Uno, RGB LED module, LED

## Введение

В настоящее время микроконтроллеры Arduino Uno являются одними из наиболее популярных и доступных платформ для разработки и прототипирования электронных систем. Широкий функционал и открытый исходный код делают их привлекательным выбором для разработчиков со всего мира.

Актуальность данной работы состоит в том, что результаты данного исследования смогут найти практическое применение в различных проектах, связанных с электроникой, автоматизацией, робототехникой, схемотехникой и т. д.. Исследование микроконтроллера Arduino Uno с использованием светодиодного модуля RGB и светодиода является важным шагом в понимании его функциональных возможностей и расширении границ исследований.

Цель данной статьи состоит в исследовании возможностей микроконтроллера Arduino Uno с использованием светодиодного модуля RGB и светодиода. Светодиодный модуль RGB представляет собой устройство с тремя цветными светодиодами (красным, зеленым и синим), которые могут сочетаться для создания широкого спектра цветов. Светодиоды являются эффективными и энергоэффективными источниками света, которые могут использоваться для создания различных световых эффектов и индикации

В ходе исследования будет проведен анализ основных характеристик микроконтроллера Arduino Uno и светодиодных модулей RGB. Будут рассмотрены способы подключения светодиодных модулей к микроконтроллеру и их управления с помощью Arduino IDE и соответствующего программного кода.

В дальнейшем будет разработан и реализован программный код, который позволит управлять светодиодным модулем RGB и светодиодом с использованием микроконтроллера Arduino Uno. Будут рассмотрены различные сценарии использования.

## Исследование микроконтроллера Arduino Uno с использованием светодиодного модуля RGB и светодиода

Исследование будет включать следующие этапы:

1. Ознакомление с микроконтроллером Arduino Uno и его основными характеристиками.
2. Подключение светодиодного модуля RGB к Arduino Uno и изучение способов управления цветом светодиодов.
3. Определение возможностей микроконтроллера в управлении светодиодами и создании различных световых эффектов.
4. Разработка программного кода для управления светодиодным модулем RGB и светодиодом.
5. Проведение эксперимента и анализ полученных результатов.

### *Микроконтроллер Arduino Uno и его основные характеристики*

Микроконтроллер Arduino Uno Digital pwm представлен на рисунке 1. Arduino Uno - это платформа для разработки и программирования микроконтроллерных проектов. Arduino Uno представляет собой плату с микроконтроллером ATmega328P, которая имеет ряд цифровых и аналоговых входов/выходов, а также возможности подключения к компьютеру через USB.

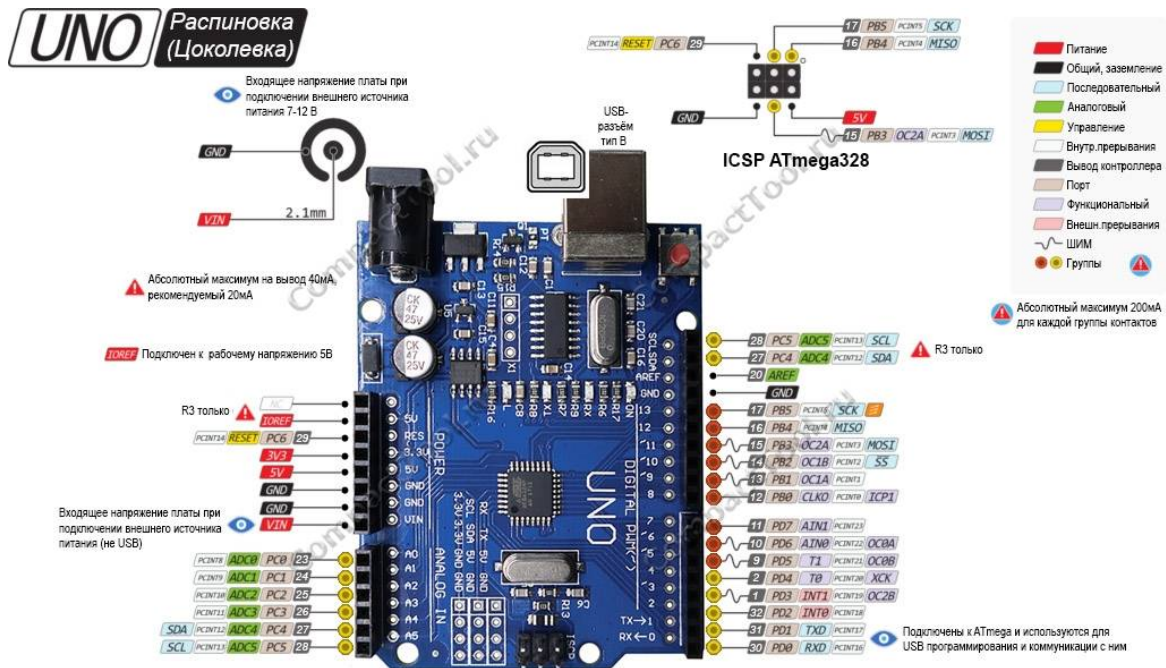


Рис. 1. Микроконтроллер Arduino Uno Digital pwm

Основные характеристики:

- микроконтроллер: Arduino Uno основан на микроконтроллере ATmega 328P. Это высокоэффективный однокристалльный микроконтроллер с архитектурой AVR, работающий на тактовой частоте 16 МГц;
- цифровые входы/выходы (GPIO): Arduino Uno имеет 14 цифровых портов ввода/вывода (6 из которых могут быть использованы для генерации ШИМ-сигналов) и 6 аналоговых входов. Цифровые порты могут быть использованы для подключения и управления различными компонентами, такими как светодиоды, датчики, сервоприводы и другие устройства;
- интерфейсы: Arduino Uno обладает различными интерфейсами для подключения к другим устройствам. Он оснащен USB-портом для программирования и подключения к компьютеру, а также портами Serial, SPI и I2C для связи с другими устройствами и датчиками;
- память: Arduino Uno имеет 32 килобайта флэш-памяти (8 килобайт занимает загрузчик), 2 килобайта оперативной памяти (SRAM) и 1 килобайт энергонезависимой памяти (EEPROM). Это позволяет хранить программы и данные для управления устройством;
- питание: микроконтроллер может быть питаем от USB-порта компьютера, 9-12V источника постоянного тока, или от батареи с напряжением 7-12V. Arduino Uno выполняет управление напряжением и стабилизацию питания для подключенных устройств [1].

#### *Подключение светодиодного модуля RGB к Arduino Uno и изучение способов управления цветом светодиодов*

Для подключения светодиодного модуля RGB к Arduino Uno потребуется использовать цифровые порты ввода/вывода. Светодиодный модуль RGB обычно состоит из трех светодиодов разных цветов (красный, зеленый, синий), каждый из которых подключается к отдельному цифровому пину на Arduino.



Пример подключения светодиодного модуля RGB к Arduino Uno:

1. Подключаем красный светодиод к цифровому пину 10 на Arduino.  
- Пин RGB R: Arduino pin 10
2. Подключаем зеленый светодиод к цифровому пину 9 на Arduino.  
- Пин RGB G: Arduino pin 9
3. Подключаем синий светодиод к цифровому пину 8 на Arduino.  
- Пин RGB B: Arduino pin 8

После подключения светодиодного модуля RGB можно управлять его цветом.

Некоторые способы управления цветом светодиодов:

1. Использование аналогово-цифровых преобразователей (АЦП): Arduino Uno имеет 6 аналоговых входов, которые могут быть использованы для установки яркости светодиодов. Можно использовать функцию `analogWrite()` для установки значения яркости от 0 до 255 [2].

Пример:

```
analogWrite(9, 128),
```

9 – номер пина,

128 – уровень яркости.

2. Чередование включения светодиодов. Можно создать эффект изменения цвета путем чередования включения и выключения разных светодиодов в заданной последовательности. Ниже приведен пример кода, который меняет цвет от красного, к зеленому, затем к синему и снова красному [3]:

```
digitalWrite(9, HIGH); // Включить красный светодиод
digitalWrite(10, LOW); // Выключить зеленый светодиод
digitalWrite(11, LOW); // Выключить синий светодиод
```

```
// Ждать некоторое время
delay(1000);
```

```
digitalWrite(9, LOW); // Выключить красный светодиод
digitalWrite(10, HIGH); // Включить зеленый светодиод
digitalWrite(11, LOW); // Выключить синий светодиод
```

```
// Ждать некоторое время
delay(1000);
```

```
// Продолжить для синего и красного светодиодов
// ...
```

Определение возможностей микроконтроллера в управлении светодиодами и создании различных световых эффектов.

*Определение возможностей микроконтроллера в управлении светодиодами и создании различных световых эффектов*

Распространённые возможности и методы, доступные в микроконтроллерах:

1. Управление яркостью. Многие микроконтроллеры имеют возможность использовать ШИМ для изменения яркости светодиодов. ШИМ позволяет создавать эффект "мигания" или плавного перехода между яркостями светодиода.

2. Управление цветом. Для многоканальных светодиодов, таких как светодиодные модули RGB или RGBW, микроконтроллеры могут предоставлять возможность управления интенсивностью каждого канала (красного, зеленого и синего) для создания широкого спектра цветов.



3. Создание световых эффектов. Микроконтроллеры также могут предлагать различные функции и возможности для создания различных световых эффектов, таких как плавное затухание, пульсация, мигание, цветовые переходы и т.д. Эти эффекты могут быть реализованы с использованием временных задержек, анимаций или программного управления светодиодами.

4. Внешние библиотеки. Некоторые микроконтроллеры имеют доступ к внешним библиотекам или фреймворкам, специализированным для управления светодиодами. Такие библиотеки могут предоставлять расширенные функции и готовые алгоритмы для создания сложных световых эффектов.

Важно отметить, что доступные возможности микроконтроллера для управления светодиодами могут различаться в зависимости от модели и производителя.

### **Выводы**

Микроконтроллер Arduino Uno с использованием светодиодного модуля RGB и светодиода обладает широким функционалом и является удобным и доступным инструментом для реализации различных проектов. Он позволяет создавать различные световые эффекты и обеспечивает контроль над цветом и яркостью светодиодов. В результате исследования был разработан и реализован программный код, который наглядно показывает эти возможности. В дальнейшем возможно расширение и дальнейшая оптимизация этого кода для реализации более сложных и интересных сценариев использования.

### **Библиографический список**

1. Меньшиков С.В., Ващук Е.С. Осуществление программирования на платформе Arduino: способы и возможности использования платы Arduino Uno // В сборнике: СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ЭКОНОМИКИ. Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции. Прокопьевск, 2022. С. 256-262.

2. Никифоров М.Б., Буробина А.С., Геращенко Е.С., Потапова В.Ю. Программное обеспечение люксметра на основе arduino-совместимых плат // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2015660774, 09.10.2015. Заявка № 2015617500 от 14.08.2015.

3. Буробина А.С., Геращенко Е.С., Потапова В.Ю. Разработка люксметра на основе микроконтроллера Arduino Nano // В сборнике: Методы и средства обработки и хранения информации: межвузовский сборник научных трудов. Москва, 2015. С. 13-16.

УДК 621.397; ГРНТИ 47.63

## **АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОБРАЖЕНИЯ**

**В.Ю. Тарасова**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, Valentina2008.91@mail.ru*

*Аннотация.* В данной статье произведена разработка алгоритма выделения визуальных характеристик изображения и его программная реализация. Данные характеристики применяются в системе визуального поиска. Изображения из поисковой коллекции попарно сравниваются с изображением-запросом на предмет визуального сходства. Для выделения характеристик используется комбинация предпоследнего слоя сверточной нейронной сети (СНС) и следующих методов: дескриптор особых точек (SURF), основные ключевые цвета, полученные с использованием метода кластеризации k-means, информация об общей цветовой составляющей. Разработанный алгоритм позволяет с 93,9% вероятностью обнаруживать схожие пары изображений.

*Ключевые слова:* визуальный поиск, поиск изображений по содержанию, сверточная нейронная сеть, хэширование изображения, дескриптор особых точек (SURF)

## ALGORITHM FOR EXTRACTING VISUAL CHARACTERISTICS OF IMAGE

V. Yu. Tarasova

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, Valentina2008.91@mail.ru

*The summary.* This article develops an algorithm for extracting visual characteristics of an image and its software implementation. These characteristics are used in the visual search system. Images from the search collection are compared in pairs with the query image for visual similarity. To extract characteristics, a combination of the penultimate layer of a convolutional neural network (CNN) and the following methods is used: singular point descriptor (SURF), main key colors obtained using the k-means clustering method, information about the general color component. The developed algorithm makes it possible to detect similar pairs of images with 93.9% probability.

*Keywords:* visual search, image search by content, convolutional neural network, image hashing, singular point descriptor (SURF)

Поиск изображений по содержанию применяется не только в поисковых системах, но и в более узких областях, таких как: диагностика заболеваний на основе медицинских снимков, библиотечные системы (поиск книги по обложке), системы для поиска достопримечательностей по фотографиям, поиск изображений в электронных каталогах открытого доступа (краеведческий музей, кадастровые карты) и др [1-5]. В данной статье рассматривается алгоритм выделения визуальных характеристик изображения. На основе полученных характеристик осуществляется сравнение пары изображений. Алгоритм должен учитывать как цветовые, текстурные признаки, так и информационную составляющую. Также необходимо учитывать возможное отличие целевого изображения от изображений в поисковой коллекции.

### Разработка алгоритма

Решение задачи выделения визуальных характеристик на изображении можно разделить на следующие этапы:

1. Предварительный этап. Формирование поисковой коллекции.
2. Хэширование изображений с использованием методов и алгоритмов компьютерного зрения и машинного обучения.
3. Оценка выделенных характеристик по визуальному сходству.
4. Ранжирование изображений по их визуальному сходству.

#### *Формирование поисковой коллекции*

Предварительный этап заключается в подготовке исходных данных, на которых будет обучаться нейронная сеть, и в загрузке этих данных в поисковую коллекцию в формате необходимым для оперативного поиска. Для ускорения поиска по коллекции изображений была сформирована структура, состоящая из двух файлов: 1) полного пути к файлу за исключением имени, 2) имени файла, ссылки на полный путь и вычисленной характеристики.

Исходные данные были получены с использованием сервиса Яндекс Карты. Так как данный сервис не дает возможности загрузки снимка целиком, в рамках данной работы производилась склейка частей снимка. Алгоритм склейки фотоснимка приведен на псевдокоде (рисунок 1).

```

Начало
; Определение размеров снимка (в тайлах)
W = 5
H = 5
R = Изображение(W*256, P*256)
ЦИКЛ i = 0; i < W; i++
  ЦИКЛ j = 0; j < H; j++
    Получение фрагмента изображения M из сети Интернет для координат (i, j)
    ЦИКЛ x = 0; x < 256; x++
      ЦИКЛ y = 0; y < 256; y++
        Ri*256+x, j*256+y = Mx, y

ВОЗВРАТ R
Конец

```

Рис. 1. Описание алгоритма формирования изображения на псевдокоде

Так как в качестве изображения-запроса может быть загружен грубый набросок (рисунок) пользователя, отсканированный файл с возможными рассовмещениями, изображение с персонального компьютера, изображение, подверженное искажениям различного рода (абберации, шумы, артефакты сжатия JPEG и прочие), то для корректного поиска модель СНС необходимо обучать на различных фотографиях с одной и той же локации. В исследованиях [6, 7] описано, что точная настройка нейронной сети с использованием сложных (неклассических) пар изображений полезна с точки зрения производительности. То есть если нейронная сеть обучается только с помощью простых пар (например, машина и собака), она не сможет различать сложные пары (например, автомобиль и фургон). Пример сложной пары приведен на рисунке 2.



Рис. 2. Пример сложных (неклассических) пар изображений

#### *Хэширование изображений*

Хэширование изображений осуществляется при помощи следующих методов:

- общая цветовая составляющая изображения;
- основные ключевые цвета изображения (K-means);
- 10 индексов самых больших дескрипторов особых точек (SURF);
- 512 квантованных значений с нейронной сети.

Хэширование изображений основано на операциях свертки и подвыборки. Основной идеей СНС является то, что обработка участка изображения должна не зависеть от расположения этого участка на изображении [6].

Взаимное расположение объектов на изображении играет важную роль, но сначала их нужно распознать. Причем распознавание локально и не зависит от объектов внутри большого изображения. Свертка – это линейное преобразование входных данных особого вида.

Входными данными для операции являются изображения размером 96x96 пикселей. В том случае, если размер входного изображения будет велик, то повысится вычислительная сложность [8, 9]. Если размер входного изображения будет слишком мал не будут выделены ключевые признаки. Каждое изображение разбивается на 3 цветовых канала:  $R$ ,  $G$ ,  $B$  и производится нормирование значений в диапазоне  $[0; 1]$  по формуле:

$$q(p, min, max) = \frac{p - min}{max - min} \quad (1)$$

где  $q$  – функция нормализации;

$p$  – значение цвета пикселя в диапазоне  $[0; 255]$ ;

$min$  – минимальное значение;

$max$  – максимальное значение.

На вход нейронной сети поступает изображение, сжатое до размеров 256x256 точек. На основе проведенного исследования выявлено, что такого размера достаточно для обнаружения и классификации наиболее значимых частей изображения и при этом обработка изображения такого размера не занимает много времени [10]. При вычислении информационной составляющей важно полагаться на наиболее часто встречающиеся элементы на фотографиях пользователей [11]. Было предложено 56 классов и 200 объектов для обнаружения конкретных ситуаций. Классом будем считать глобальные условия съёмки (скан документа, пейзаж, ночная съёмка). Объект – это конкретные элементы на фото (дерево, карандаш, луна). Для обучения такой нейронной сети использовался личный архив фотографий и изображения, полученные при помощи сервиса Яндекс.Карты.

Для визуального поиска полученные характеристики должны быть инвариантны к углам поворота, изменению масштаба и угла зрения [13, 14]. На рисунке 3 приведена схема их вычисления.

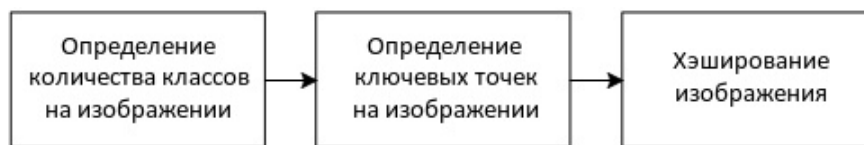


Рис. 3. Схема вычисления числовых характеристик для визуальной информации на изображении

#### *Оценка выделенных характеристик по визуальному сходству*

На рисунке 4 приведены пары изображений (неклассические) и их оценка визуального сходства. Чем меньше данная оценка, тем наиболее схожи изображения. Исходя из рисунка 3 можно сделать вывод, что пары изображений (а) и (г) имеют одинаковое содержание фотографий согласно разработанному алгоритму, а пары изображений (б) и (в) – различное содержание.

#### *Ранжирование изображений по их визуальному сходству*

На рисунке 5 приведен результат выполнения поиска. Из рисунка 5 видно, что все найденные изображения соответствуют пользовательскому запросу.

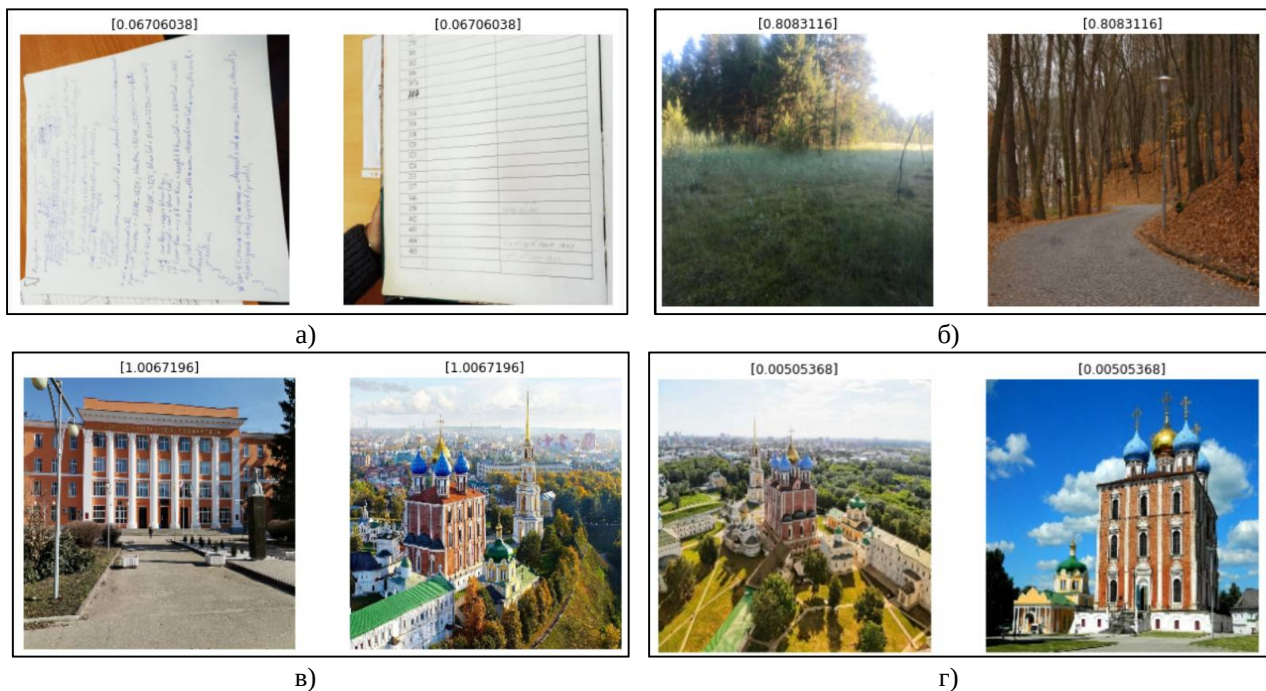


Рис. 4. Числовая оценка визуального сходства пары изображений

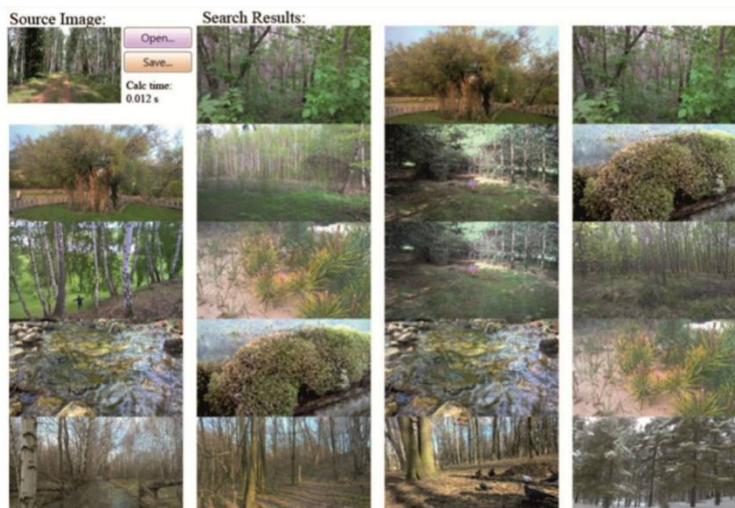


Рис. 5. Результат выполнения поиска

### Заключение

Разработанный алгоритм и его программная реализация позволяют выделять визуальные характеристики изображения. Данные характеристики используются для поиска изображений по содержанию в пользовательской коллекции графических файлов. Предложенный алгоритм позволяет оперативно обнаруживать изображений подобные пользовательскому запросу. В рамках данной работы не рассматривалась работа алгоритма на изображениях снятых в одной и той же локации в разное время года и разное время суток. В дальнейшем планируется улучшить вероятность обнаружения за счет добавления дополнительных сложных пар в процессе обучения СНС.

### Библиографический список

1. Десятников И.Е. Поиск изображений по визуальному содержанию в графических базах данных и сети интернет // Информационные технологии и вычислительные системы. 2013. № 2. С. 88-95
2. Venice Erin Liong, Jiwen Lu, Gang Wang, Pierre Moulin, and Jie Zhou. Deep hashing for compact binary codes learning. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2015.
3. Десятников И.Е. Поиск изображений по визуальному содержанию в графических базах данных и сети интернет // Информационные технологии и вычислительные системы. 2013. № 2. С. 88-95.
4. А. А. Рогов, К. А. Рогова, К. Н. Спиридонов, М.Ю. Быстров Система поиска в электронной коллекции изображений петроглифов Карелии [Электронный ресурс] [http://rcdl.ru/doc/2008/246\\_251\\_paper29.pdf](http://rcdl.ru/doc/2008/246_251_paper29.pdf) (дата обращения 23.03.2019).
5. AntiDupl - программа поиска похожих изображений [Электронный ресурс] <http://antidupl.sourceforge.net/-russian/> (дата обращения 19.05.2019).
6. Albert Gordo, Jon Almazan, Jerome Revaud, and Diane Larlus. Deep image retrieval: Learning global representations for image search. In Proceedings of the IEEE European Conference on Computer Vision, 2016.
7. Albert Gordo, Jon Almazan, Jerome Revaud, and Diane Larlus. End-to-end learning of deep visual representations for image retrieval. International Journal of Computer Vision, 124(2), 2017.
8. Arkhangel'skaya E.V., Nikolenko S.I. Deep learning for natural language processing: a survey // Записки научных семинаров Санкт-Петербургского отделения математического института им. В.А. Стеклова РАН. 2021. Т. 499. С. 137-205.
9. С. И. Николенко, А. Кадулин, Е. В. Архангельская Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей // СПб.: Питер, 2018. - 480 с.
10. Гринченко Н.Н., Тарасов А.С., Тарасова В.Ю. Сверточная нейронная сеть для хэширования изображений // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019665048, 18.11.2019. Заявка № 2019664040 от 07.11.2019.
11. Тарасов А.С., Тарасова В.Ю. Разработка системы поиска похожих изображений в локальных хранилищах // Нейроинформатика-2020. Сборник Научных Трудов. XXII Международная научно-техническая конференция. Москва, 2020. С. 286-293.
12. Vodrov O.A., Tarasov A.S., Tarasova V.Y., Bodrova I.V. IMAGE SEARCH ALGORITHM IN LOCAL DATA BASE 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2019 - Proceedings. 8. 2019. С.453-455. DOI: 10.1109/MECO.2019.8759996
13. Artem Babenko and Victor Lempitsky. Aggregating local deep features for image retrieval. In Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2015.

УДК 004.42; ГРНТИ 50.45

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ ПО ВИДЕОРЯДУ

**В.Е. Пасичняк**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, kpcod@mail.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются различные методы, связанные с определением частоты сердечных сокращений по видеоряду. Приводятся их основные особенности, достоинства и недостатки. Рассмотрены два наиболее встречающихся метода оценки ЧСС: баллистокardiография и фотоплетизмография.

*Ключевые слова:* фотоплетизмография, баллистокardiография, оценка ЧСС.

## THE METHOD OF ESTIMATING THE HEART RATE BY VIDEO SEQUENCE

**V.E. Pasichnyak**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, kpcod@mail.ru*

*The summary.* The paper discusses various methods related to determining the heart rate by video sequence. Their main features, advantages and disadvantages are given. Two of the most common methods of heart rate assessment are considered: ballistocardiography and photoplethysmography.

*Keywords:* photoplethysmography, ballistocardiography, heart rate assessment.

Оценка частоты сердечных сокращений – одна из наиболее важных задач при оценке физиологического состояния организма, которая требует постоянного внимания, следовательно периодического измерения. Данная задача найдет свое применение во многих как бытовых так и профессиональных задачах. Например в системах умного дома, при наблюдении за младенцами, а также в спортивной сфере, также может попасть под критерий «Телемедицины».

Задача может решаться двумя способами: баллистокардиография и фотоплетизмография. Где фотоплетизмография – метод регистрации оптической плотности ткани с помощью фотоэлектрического плетизмографа; применяется с целью изучения отдельных характеристик регионального кровообращения, спектральных свойств крови, протекающей через изучаемый участок тела. А баллистокардиография – метод графической регистрации реактивных механических движений тела человека, обусловленных сокращением сердца и перемещением крови в крупных артериях. У каждого из которых есть свои преимущества и недостатки [1].

### **Баллистокардиография**

Баллистокардиография – метод графической регистрации реактивных механических движений тела человека, обусловленных сокращением сердца и перемещением крови в крупных артериях [2].

Важным аспектом данного метода является использование видеоизображения головы пациента для анализа.

Принцип действия:

- Баллистокардиография основана на том, что каждое сердечное сокращение вызывает небольшое движение всего тела, в том числе и головы
- При использовании видеоизображения головы пациента, специальное программное обеспечение выполняет анализ изменения положения головы во времени

Использование видеоизображения:

- Камера регистрирует движения головы пациента с высокой скоростью.
- Полученное видеоизображение анализируется для регистрации и измерения даже самых мельчайших изменений положения головы, вызванных сердечными сокращениями.

Вычисление данных:

- Путем анализа видеоизображения программное обеспечение вычисляет скорость и амплитуду движения головы.
- По полученным данным формируется баллистокардиограмма, отображающая динамику сердечной активности во времени.

Клиническое применение:

- По полученным данным формируется баллистокардиограмма, отображающая динамику сердечной активности во времени.
- Полученные данные могут быть использованы для оценки эффективности лечения и контроля состояния пациента.

Преимущества использования видеоизображения:

- Анализ видеоизображения головы пациента позволяет получить более точные и чувствительные данные, чем традиционные методы баллистокардиографии.
- Этот метод также позволяет проводить наблюдения на предмет возможных дефектов в сердечной деятельности, обнаруживая даже незаметные аномалии.

К достоинствам баллистокардиографии можно отнести в первую очередь неинвазивность, так как данный метод использует камеру, также мы можем отнести к преимуществам

обеспечение дополнительной информации, что в дополнению к ЧСС может нарисовать нам более полную картину. Еще должны учитывать, что данный метод может использоваться дистанционно, что является преимуществом для пациентов находящихся далеко от медицинских учреждений.

К недостаткам же отнесем требования к освещению и рабочему пространству, что подразумевает собой стабильность съемки и определенные условия освещенности, что несколько ограничивает использование метода. Чувствительность к внешним помехам такие как движение головы или вибрации окружающей среды, которые не зависят от ЧСС. А также требования к оборудованию.

Формула для измерения времени задержки между событиями (например, между началом сокращения сердца и началом движения крови в голове) может быть выражена как:

$$T = d / v$$

$T$  – время задержки,  $d$  – расстояние которое проходит волна,  $v$  – скорость распространения волны.

### Фотоплетизмография

Фотоплетизмография – метод регистрации оптической плотности ткани с помощью фотоэлектрического плетизмографа; применяется с целью изучения отдельных характеристик регионального кровообращения, спектральных свойств крови, протекающей через изучаемый участок тела [3].

Принцип работы: Фотоплетизмография измеряет изменения в объеме кровеносных сосудов путем использования светоизлучающего датчика, который освещает ткани и регистрирует отраженный свет.

Использование в медицине: Этот метод может быть использован для измерения пульса и изменений кровеносного давления, что является важным для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний.

Применение в физиологических исследованиях: Фотоплетизмография также используется для изучения реакции сосудов на стимуляцию, такую как изменения температуры, уровня кислорода и других факторов.

Технические аспекты фотоплетизмографии включают в себя : Оптическая конфигурация - различные светодиоды могут использоваться для различных длин волн, позволяя измерять различные аспекты кровеносного потока. Обработка данных - обработка полученных сигналов определяет пульсовую волну и другие параметры для анализа.

Возможности применения в носимых устройствах: Современные технологии позволяют интегрировать фотоплетизмографию в носимые устройства, такие как фитнес-трекеры и смарт-часы, что открывает новые возможности для мониторинга здоровья.

Фотоплетизмография с видеоизображения головы - это метод измерения изменений объема периферических сосудов, который основан на изменениях поглощения света тканями. Этот метод широко применяется в медицине и технике, для измерения пульса, уровня кислорода в крови и других параметров.

Во время сердечного цикла артериальные сосуды испытывают изменения в объеме крови, которые могут быть измерены с помощью фотоплетизмографии. Обычно, светодиод излучает инфракрасный свет на кожу, и фоторезисторы находятся на противоположной стороне. Фотоплетизмографический сенсор измеряет интенсивность света, который проникает через кожу, и в зависимости от уровня пульсации замеряет изменение в световом потоке.

Индекс пульсации можно вычислить с помощью формулы :

$$PI = (S_{max} - D_{max}) / M$$



$PI$  – Индекс пульсации, характеризующий циркуляторное сопротивление в бассейне лоцируемой артерии,  $S_{max}$  – максимальная систолическая амплитуда, отражающая наибольшую систолическую скорость кровотока в точке локации,  $D_{max}$  – максимальный диастолический пик, отражающий максимальную диастолическую скорость в данной точке,  $M$  – средняя скорость кровотока в точке локации.

В фотоплетизмографии головы ученые выделили 17 областей в которых изменение наиболее выражены [4].

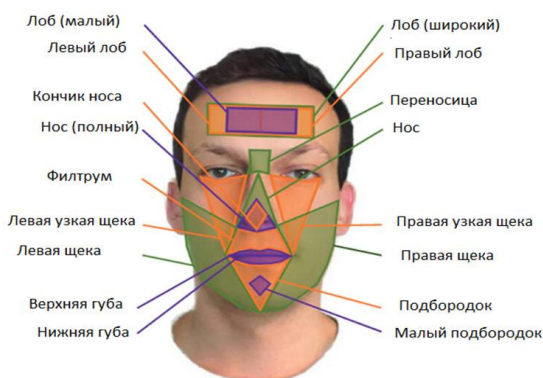


Рис. 1. Области отражающие объем сосудов

Области же которые нам не помогают в определении ЧСС, такие как область век или губ как правило выбрасываются из определения.

Также в фотоплетизмографии используются следующие формулы:

Индекс дыхания:

$$RRI = \frac{AC}{DC},$$

где  $AC$  – амплитуда изменения астоты сердечных сокращений,  $DC$  – амплитуда изменения амплитуды фотоплетизмографии.

Индекс активности :

$$AI = \frac{AC * DC}{TC},$$

где  $TC$  – Общая амплитуда фотоплетизмографии.

Индекс респирации:

$$RI = \frac{RRI}{AI}.$$

К достоинствам данного метода можно отнести :

- Простота применения: Фотоплетизмография - это непростой инструмент, и ее можно использовать с мобильными устройствами, такими как смартфоны и умные часы, чтобы получить данные о пульсе и уровне кислорода в крови.
- Безопасность: Фотоплетизмография неинвазивна и не требует введения каких-либо инъекций или проникновения в тело, что делает ее безопасной и малоинвазивной техникой.
- Мониторинг процессов организма: Позволяет отслеживать изменения в сердечном ритме, уровне оксигенации крови и других показателях здоровья в реальном времени.

К недостаткам же следует отнести :

- Ограниченность данных: Фотоплетизмография предоставляет ограниченное количество данных и может иметь ограниченную точность в сравнении с более сложными и инвазивными методами, такими как артериальная катетеризация.

- Влияние внешних факторов: Результаты могут быть искажены влиянием различных внешних факторов, таких как освещенность, движение и поза тела.
- Точность измерений: Требуется точной калибровки и учета физиологических особенностей каждого человека для достижения достоверных результатов.

### Библиографический список

1. Лоскутов А.Ю., Мельник О.В., Муратов Е.Р., Никифоров М.Б. Бесконтактная оценка пульса на базе спектрального анализа // Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin Ryazan, Russia
2. Ballistocardiography [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ballistocardiography&oldid=1206296413>
3. Фотоплетизмограмма [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/?curid=5343352&oldid=128874061>
4. Hong Luo, Deye Yang, Andrew Barszczyk, Naresh Vempala, Jing Wei, Si Jia Wu, Paul Pu Zheng, Genyue Fu, Kang Lee and Zhong-Ping Feng Smartphone-Based Blood Pressure Measurement Using Transdermal Optical Imaging Technology [Текст] / Hong Luo, Deye Yang, Andrew Barszczyk, Naresh Vempala, Jing Wei, Si Jia Wu, Paul Pu Zheng, Genyue Fu, Kang Lee and Zhong-Ping Feng // Circulation: Cardiovascular Imaging. — 2019. — № Vol. 12, No. 8. — С. e008857.

УДК 004.9; ГРНТИ 20.53.19

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВЫХ СЦЕНАРИЕВ

**В.Н. Степанова, М.Б. Никифоров**

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, chersoon@mail.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются и анализируются способы генерации тестовых сценариев с использованием инструментов искусственного интеллекта. Рассмотрены три сценария: самый простой, сложнее и наиболее сложный. Для проведения эксперимента были использованы приложения CharacterAI и YandexGPT (Алиса).

*Ключевые слова:* Искусственный интеллект(AI), тестовые сценарии.

## ANALYSIS OF THE USE OF ARTIFICIAL TOOLS INTELLIGENCE IN AUTOMATIC GENERATION TEST SCENARIOS

**V.N. Stepanova, M.B. Nikiforov**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, chersoon@mail.ru*

*Annotation.* The paper discusses and analyzes ways to generate test scenarios using artificial intelligence tools. Three scenarios are considered: the simplest, the most difficult and the most difficult. The CharacterAI and YandexGPT (Alice) applications were used to conduct the experiment.

*Keywords:* Artificial intelligence(AI), test scenarios.

### Введение

На текущий момент, использование искусственного интеллекта активно внедряется в общественную жизнь. С помощью таких технологий, как ChatGPT, есть возможность генерировать тексты различной сложности, код на практически любом языке программирования, а так же использовать ИИ для имитации общения [5]. В данной статье рассмотрена и проанализирована возможность и целесообразность использования ИИ при автоматической генерации тестовых сценариев.

Актуальность вопроса обуславливается развитием паттернов разработки ПО и, соответственно, тестирования. Продукты становятся сложнее, разработка тестовых сценариев и

тестирование занимает все больше времени. В связи с этим необходимо рассмотреть возможность автоматизации разработки тестовых сценариев.

Ранее были рассмотрены и проанализированы способы генерации тестовых сценариев с использованием приложений [1]. Главным недостатком данного решения было выявлено отсутствие поддержки русского языка и достаточно узкая специализация программных решений: либо ПО включает в себя избыточный функционал, либо может быть использован только для мобильных приложений.

Исходя из вышеизложенного, наиболее современным и актуальным решением вопроса генерации тестовых сценариев может являться использование средств искусственного интеллекта.

В данной статье ниже приведен пример использования данной технологии, где в качестве эксперимента выступают наработки американских и российских IT-специалистов.

Эксперимент произведен с использованием приложения CharacterAI и российского сервиса «Алиса», который работает с использованием технологии YandexGPT. По популярности CharacterAI практически догоняет ранее известный ChatGPT. По причине низкого качества генерации ответов с использованием русского языка, в качестве эксперимента, текст запроса направлен на английском языке. Алиса же широко известна российскому пользователю. При ее использовании есть возможность формулировать запросы на русском языке. Сравнение ответов ИИ произведено с ответами специалиста по тестированию начального уровня.

### Начало работы с ИИ. Простейший запрос на генерацию тестовых сценариев

Для чистоты эксперимента создан персонаж. Ему присвоено имя Junior QA Engineer.

Следующий шаг данного эксперимента - формирование задания для ИИ. В качестве него сформирован запрос на написание чек-листа проверок для тестирования программного обеспечения. Например, тестирование формы авторизации пользователя на сайте банка. На рисунке 1 представлен ответ бота ИИ на запрос:

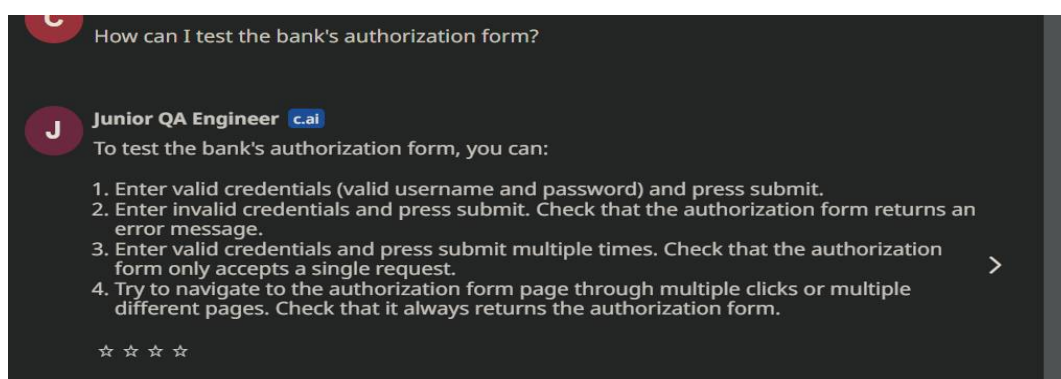


Рис. 1. Чек-лист проверки формы авторизации

Данный ответ содержит чек-лист основных проверок формы авторизации с использованием UI: 1 позитивная проверка и 3 негативных. Специфические требования в запросе не были указаны. Данный чек-лист способен сформулировать любой специалист по тестированию начального уровня, а так же стажер.

Сформулируем аналогичный запрос для «Алисы». Ниже представлен ответ:

Проверка отображения и доступности формы:

Форма авторизации должна быть четко видимой и легко доступной для пользователя.

Она не должна перекрываться другими элементами или быть скрыта за прокруткой.

Проверка валидации данных:

При вводе некорректного логина или пароля, форма должна выдавать сообщение об ошибке.

Сообщение об ошибке должно быть четким и понятным для пользователя (например, “Неправильный логин или пароль”).

Проверка регистрации нового пользователя:

Пользователь должен иметь возможность зарегистрироваться на сайте, заполнив необходимые данные.

После регистрации пользователь должен получить подтверждение по электронной почте.

Проверка восстановления пароля:

Система должна предлагать пользователю возможность восстановить забытый пароль.

Ссылка для восстановления пароля должна быть активна и приводить к странице с формой восстановления.

Проверка входа в систему:

После ввода корректного логина и пароля пользователь должен успешно войти в систему.

Если пользователь уже авторизован, система должна автоматически перенаправить его на главную страницу сайта.

Чек-лист проверок, сгенерированный «Алисой» с точки зрения специалиста по тестированию – идеален. В дальнейшем проводить эксперимент с зарубежной версией ИИ не имеет смысла.

### **Запрос на генерацию чек-листа проверок API**

Для второго этапа эксперимента сформулирован запрос на генерацию чек-листа проверок сервиса формы авторизации с использованием API. Ниже представлен ответ на запрос в текстовом формате:

Отображение и доступность формы авторизации

Валидация данных пользователя

Регистрация нового пользователя через API

Восстановление пароля через API

Вход в систему через API

Безопасность передачи данных (шифрование)

Работа с API сторонних сервисов (если необходимо)

Интеграция с другими приложениями

Поддержка различных браузеров и устройств

Скорость работы сервиса

Удобство использования сервиса

Соответствие законодательству (если применимо)

В ответе предлагается расширенный список проверок. При отсутствии специфических требований, подобный чек-лист способен сформировать каждый специалист по тестированию с начальным уровнем знаний и опытом, в случае, если сотрудник имеет представление о методах тестирования API.

### **Запрос на генерацию чек-листа проверок платежей**

Третьим шагом данного эксперимента является запрос на генерацию тестовых сценариев, используя более сложный запрос.

Например, ИИ предложено сгенерировать чек-лист проверок интеграции для приема-отправки платежных документов с указанием примерных статусов. Ниже представлен ответ на вопрос в текстовом формате:

Отправка платежного поручения:

Платежное поручение должно быть отправлено на сервер.

Сервер должен подтвердить получение платежного поручения.

Статус платежного поручения должен измениться на “Отправлено”.

Получение платежного поручения сервером:

Сервер должен принять платежное поручение.

Платежное поручение должно пройти валидацию.

В случае успешной валидации, статус платежного поручения меняется на “Получено”.

Исполнение платежного поручения:

Банк-получатель должен исполнить платежное поручение (перевести средства на указанный счет).

Статус платежного поручения меняется на “Исполнено”.

Ошибка при отправке или получении платежного поручения:

В случае ошибки при отправке или получении, статус платежного поручения меняется на “Ошибка”.

Пользователю должно быть выведено сообщение об ошибке с указанием причины.

Отзыв платежного поручения:

Пользователь должен иметь возможность отозвать платежное поручение до его исполнения.

Отзыв платежного поручения меняет его статус на “Отозвано”.

В случае отзыва платежного поручения, средства не переводятся на указанный счет.

Так же стоит отметить, что третий эксперимент достаточно сложен для специалиста по тестированию и начального уровня без конкретных знаний о тестируемой области. Но, для «Алисы» никаких сложностей с генерацией подробного ответа не возникло.

### **Вывод**

В качестве вывода можно отметить, что при некоторых усилиях и большей спецификации заданий для ИИ, его ответы соответствуют начальному уровню специалиста по тестированию без знаний о тестируемой области [3]. В вышеизложенных примерах до превосходства ИИ оставалось уточнить некоторые запросы. Таким образом будет поступать любой специалист по тестированию.

Даже без уточнений, подсказок и примеров (которые резко повышают качество сценариев) ИИ может выдавать неожиданно хороший результат.

Если задавать ИИ наводящие/уточняющие вопросы (и знать как это делать эффективно), то превосходство ИИ будет совсем явным и будет возможно использование данного инструмента для высвобождения трудозатрат специализированного по тестированию на написание тестовых сценариев [2].

Таким образом, можно и нужно переходить к использованию инструментов ИИ при генерации тестовых сценариев. Это способствует сокращению трудозатрат на написание тестовых сценариев, высвобождая ресурсы для тщательного тестирования продукта по более сложным сценариям.

### **Библиографический список**

1. Степанова В.Н., Никифоров М.Б. Анализ известных методов автоматической генерации тестовых сценариев. – Межвузовский сборник научных трудов/2023 – 241с.
2. Test-engineer: [Электронный ресурс] // URL: <https://testengineer.ru/chatgpt-vs-junior-qa/>
3. Aqua-cloud [Электронный ресурс]// URL: <https://aqua-cloud.io/ai-in-software-testing/>
4. QA-madness []// URL: <https://www.qamadness.com/ai-in-software-testing/>
5. DevelopersDev []// URL: <https://www.developers.dev/tech-talk/technology/advantages-of-artificial-intelligence-in-testing.html>

УДК 004.932; ГРНТИ 28.23.15

## ПИРАМИДА ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧАХ КОРРЕЛЯЦИОННОГО СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

С.М. Архангельская

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
Российская Федерация, Рязань, sarhangelsckaya@gmail.com

*Аннотация.* В работе рассматривается метод поэтапного сканирования и его оптимизация с помощью пирамиды изображений при применении подхода Гаусса. Также сравниваются результаты выполнения последовательного и параллельного алгоритмов совмещения изображений. В качестве средств исследования параллельных вычислений рассматривается технология OpenMP.

*Ключевые слова:* технологий параллельных вычислений. (ТПВ), текущее изображение (ТИ), эталонное изображение (ЭИ)

## THE IMAGE PYRAMID METHOD IN IMAGE CORRELATION MATCHING PROBLEMS

S.M. Arkhangelskaya

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,  
Russia, Ryazan, sarhangelsckaya@gmail.com

*The summary.* The method of step-by-step scanning and its optimization using a pyramid of images using the Gauss approach is considered. The results of sequential and parallel image matching algorithms are also compared. OpenMP technology is considered as a means of studying parallel computing.

*Keywords:* parallel computing technologies. (TPV), current image, reference image.

Совмещение изображений является фундаментальной проблемой компьютерного зрения в таких сферах обработки изображений, где данные, полученные с разных позиций, разных камер, в разное время должны быть сопоставлены и выравнены. Используется это в задачах связанных с распознаванием и отслеживанием изменений объектов в последовательности изображений.

Совмещение изображений происходит следующим образом: к каждой точке снимка полученного при наблюдении ставится в соответствие точка на шаблоне, найденном для этого метода преобразования.

Для сравнения совмещаемых изображений нужно выбрать алгоритм поиска и критериальную функцию, которая будет использоваться в этом алгоритме, и с помощью которой будет выноситься решение о степени сходства текущего и эталонного изображений. Применяют классический алгоритм корреляционной обработки изображений, заключающийся в вычислении функции взаимной корреляции [1] или интеграла типа свертки с дальнейшим поиском максимума этой функции (1):

$$F(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} f_{ЭИ}(i, j) f_{ТИ}(i+x, j+y), \quad (1)$$

где  $0 \leq x < K - N, 0 \leq y < L - M, K \times L$  - размер текущего изображения (ТИ);

$N \times M$  - размер эталонного изображения (ЭИ);

$x, y$  - смещение фрагмента  $f_{ЭИ}$  относительно  $f_{ТИ}$ .

При совпадении исследуемых изображений используемая функция должна иметь максимальное значение.

После всех вычислений при перемещении эталонного изображения по текущему ищется максимум этой функции. Вычислительная сложность совмещения в значительной степени зависит от этого выбранного функционала сравнения.

В настоящее время существует много методов применяемых для поиска глобального экстремума, но универсальный для любых случаев выделить нельзя.

Наиболее простым и надежным методом поиска глобального экстремума, является *метод полного перебора точек* взаимного расположения сравниваемых изображений с последующим выбором той, в которой функция будет иметь максимальное значение [1]. Этот метод дает хорошую точность совмещения. Но в чистом виде этот способ очень трудоёмкий и не применим для использования в реальном времени.

Для сокращения трудоемкости поиска глобального экстремума значения параметров точек позиционирования перебираются с шагом большим единицы. А потом происходит уточнение экстремума методом поэтапного сканирования, то есть прохождение окрестности найденной точки с единичным шагом по каждому измерению. Это метод поэтапного сканирования. Обработка изображения идет в два этапа. На первом изображение разбивают сеткой с крупным шагом. На втором измельчают сетку около найденного экстремума и вычисляют дальше.

Метод поэтапного сканирования можно оптимизировать используя пирамиду изображений, она представлена на рисунке 2. Смысл оптимизации заключается в том, что на каждом этапе сканирования работаем с разными масштабами изображений.

На изображениях с меньшим разрешением на более высоком уровне лучше представлены крупные детали, а мелкие лучше разглядеть на изображениях с высоким разрешением на низших уровнях. Поэтому на первом этапе сканирования на верхнем уровне можно определить более точное начальное приближение для дальнейшей обработки на нижних уровнях полученного выше экстремума.

То есть на каждом нижнем уровне пирамиды с увеличением масштаба изображения происходит уточнение результатов поиска, которые были получены на верхнем уровне.

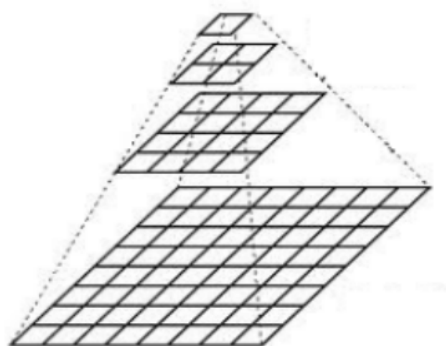


Рис. 2. Пирамида изображений

Верхний уровень пирамиды имеет изображение уменьшенного масштаба, по которому идет первый этап сканирования, что сокращает количество обрабатываемых функцией точек, и дает ускорение работы алгоритма поиска глобального экстремума.

Для построения пирамиды изображений чаще всего используются способы Гаусса и Лапласа. Пирамида Гаусса применяется для сжимания изображения, а пирамида Лапласа - для восстановления, но обратной операцией не является из-за потери информации в каждом новом слое пирамиды Гаусса.

Пирамида Гаусса предполагает использование фильтра Гаусса (функции) [3]. Операцию фильтрации называют сверткой. Применяя фильтр Гаусса, получаем более гладкое изображение, путем свертки с гауссовским ядром (2):

$$g(d) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

где  $d$  - расстояние от точки  $(x, y)$  до центральной точки обрабатываемой окрестности, вычисляемое по формуле

$$d = \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2};$$

$\sigma$  - параметр, меняющийся в зависимости от коэффициента масштаба (определяет ширину колокола, чем больше, тем больше размывается изображение при применении фильтра).

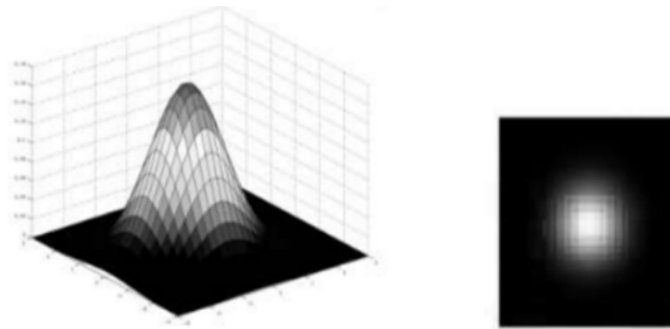


Рис. 3. Представление фильтра Гаусса в пространственной и частотной областях

Пирамида Гаусса разбивает изображение на несколько меньших по размеру групп пикселей с повторяющимися шагами с целью размывания изображения [2]. Пирамида строится путем многократного вычисления средневзвешенного значения соседних пикселей исходного изображения и уменьшения его масштаба [4]. То есть получаем набор изображений прошедших через фильтр низких частот – фильтр Гаусса. Последовательно расположив изображения подвергшиеся низкочастотной фильтрации сформируем пирамиду Гаусса.

Алгоритм нахождения экстремума методом пирамиды состоит из следующих этапов:

- 1) Определение пути к эталонному и текущему изображениям;
- 2) Уменьшение изображения по фильтру Гаусса с выбранным коэффициентом масштаба;
- 3) Сохранение координат точек области нижнего уровня пирамиды;
- 4) Вычисление критериальной функции и определение экстремальной точки на верхнем уровне пирамиды;
- 5) Переход на нижний слой пирамиды;
- 6) Расчет критериальной функции в окрестности найденной экстремальной точки верхнего уровня и определение глобального экстремума.

Особенностью задач вычисления экстремума корреляционной функции при совмещении изображений является обработка больших объемов данных. Такие объемы могут быть эффективно обработаны только при применении технологий параллельных вычислений. (ТПВ) позволяют части задачи, имеющие наибольшую вычислительную сложность и допускающие параллельное выполнение, распределить между узлами вычислительной системы. Существует довольно много разных технологий параллельных вычислений, отличающихся не столько языками программирования, сколько архитектурными подходами к построению параллельных систем. Например, одни технологии предполагают построение параллельных решений на основе нескольких компьютеров, другие же предполагают работу на одной машине с несколькими процессорными ядрами. Но все они увеличивают производительность



систем за счет ускорения обработки данных и соответственно уменьшения временных затрат. Одной из наиболее распространенных ТПВ, предназначенной для программирования многопоточных приложений на многопроцессорных системах с общей памятью, является OpenMP (Open Multi-Processing). В OpenMP используется модель параллельного выполнения "ветвление-слияние". Программа OpenMP начинается как единственный поток выполнения. Когда начальный поток встречает параллельную конструкцию, он создает новую группу потоков, состоящую из себя и некоторого числа дополнительных потоков, и становится главным в группе. Все члены новой группы выполняют код внутри параллельной конструкции. После параллельной конструкции выполнение кода продолжает только главный поток. Этот стандарт поддерживается многими компиляторами, и позволяет легко добавлять использование параллельной обработки в существующие последовательные программы.

В последовательном алгоритме нахождения экстремума методом пирамиды описанном ранее, вычисление целевой критериальной функции происходит независимо, а значит может быть распараллелено.

Результаты работы программы последовательного и параллельного алгоритма представлены в таблице 1.

Таблица 1. Время выполнения последовательного и параллельного алгоритмов

Размер ЭИ	Размер ТИ	К-во уровней	Кэфф. ускорения	Последовательный алгоритм	Параллельный алгоритм	Ускорение
1920x1080	180x153	1	3	20.342	5.477	3.71
		1	5	2.829	0.794	3.56
		2	3	18.697	5.083	3.67
		2	5	2.744	0.883	3.29
	378x369	1	3	8.243	2.108	3.91
		1	5	1.136	0.303	3.74
		2	3	6.447	1.886	3.41
		2	5	1.028	0.421	2.44

Как видно из таблицы использование двухуровневой пирамиды с большим коэффициентом ускорения (шагом смещения эталонного изображения относительно текущего) имеет лучшие показатели по времени работы программы, по сравнению с одним уровнем и меньшим шагом перебора, что немаловажно при поиске экстремума критериальной функции в реальном времени, а также использование ТПВ заметно ускоряет работу алгоритма поиска экстремума изображения.

Преимущества использования пирамиды при обработке изображений заключается в том, что на каждом последующем уровне объем информации меньше, но структура изображения сохраняется. А следовательно, обрабатываемое количество информации для получения предварительных результатов так же значительно меньше, чем при полном сканировании. Построение пирамиды осуществляется с использованием сглаживающих функций что позволяет убрать различного рода шумы и повысить помехоустойчивость алгоритмов обработки. Межуровневые связи отдельных элементов пирамиды позволяют улучшить предварительные результаты вышележащих уровней при дальнейшей обработке информации на низших уровнях.

### Библиографический список

1. Елесина С.И., Костяшкин Л.Н., Логинов А.А., Никифоров М.Б. Совмещение изображений в корреляционно-экстремальных навигационных системах. Монография // Под ред. Костяшкина Л.Н., Никифорова М.Б. – М.: Радиотехника, 2015г. 208 с.
2. Основы пространственной и частотной обработки изображений. Лекции от Яндекса [Электронный ресурс]//URL:<https://habr.com/ru/companies/yandex/articles/254249/>
3. П.В. Бабаян, М.Д. Ершов Алгоритмы устранения рассогласования разнородных изображений в бортовой системе видения - М.: Вестник РГРТУ, 2015.
4. Что такое гаусовская пирамида? [Электронный ресурс] // URL:<https://ru.zaptech.net/what-is-gaussian-pyramid>

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ИНФОРМАЦИЯ О VII МЕЖДУНАРОДНОМ ФОРУМЕ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ» СТНО-2024»</b> .....	3
<b>МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ»</b> .....	6
<b>Секция « АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ»</b> .....	6
<b>Пруцков А.В.</b> Пример упрощения запроса агрегации после нормализации структуры документа в системе Elasticsearch.....	6
<b>Саморукова О.Д., Крошилин А.В.</b> Способы автоматической обработки входящей информации при подборе схемы медикаментозного лечения.....	13
<b>Цуканова Н.И.</b> О способе уменьшения размерности вектора признаков объектов набора данных.....	18
<b>Буланова И.А., Пылькин А.Н.</b> Извлечение терминов с помощью статистической меры TF-IDF.....	23
<b>Каширин И.Ю.</b> Анализ динамики государственных идеологий с помощью ансамбля bert-моделей.....	26
<b>Сторожева Д.И., Акинина Ю.С.</b> Разработка алгоритма восстановления совершенной конъюнктивной нормальной формы...	29
<b>Лаптев Н.А., Дмитриева Т.А.</b> Применение эллиптической криптографии в электронной коммерции.....	34
<b>Пузанов И.М., Майков К.А., Бубнов А.А., Бубнов С.А.</b> Экспериментальные исследования эквивариантной сверточной нейронной сети в выявлении аномалий временных рядов.....	38
<b>Милованов А.А., Крошилина С.В.</b> Внедрение системы грейдов в организации.....	42
<b>Овечкин Г.В., Успенский Д.И.</b> Оптимизация моделей машинного обучения в условиях зашумленных и дисбалансированных данных.....	45
<b>Перехода И.Ю.</b> Метрические характеристики оценки качества систем искусственного интеллекта.....	50
<b>Овечкин Г.В., Федоров Д.В.</b> Моделирование системы распознавания сканов документов социологических исследований.....	54
<b>Овечкин Г.В., Кольцов П.А.</b> Исследование методов и алгоритмов тестирования сотрудников при формировании рабочих групп.....	60
<b>Торжкова А.О., Крошилин А.В.</b> Возможности data mining в анализе продаж.....	62

<b>Копылов И.Ю., Орешкина Е.О.</b> Проектирование архитектуры веб-приложения управления проектами с построением диаграмм оценки производительности.....	65
<b>Кирсанов А.П., Пылькин А.Н., Тороян С.С.</b> Правовые аспекты разработок и сопровождения программного обеспечения искусственного интеллекта.....	71
<b>Бурковский В.Л., Гуцин С.А.</b> Нейросетевое прогнозирование отказов в мультисервисных сетях.....	74
<b>Лапкин М.И.</b> Адаптация и эксплуатация систем распознавания речи в образовательной сфере.....	78
<b>Лягушева М.А.</b> Использование алгоритма коллаборативной фильтрации для персонализации услуг косметологической клиники.....	82
<b>Ушков М.Е., Бурковский В.Л.</b> Средство автоматизации процесса синтеза сложно-ориентированных связей на основе визуализации порожденных подграфов.....	87
<b>Вацило И.Ю., Подвесовский А.Г.</b> Проектирование и разработка открытой программной платформы оптимизации и принятия решений.....	92
<b>Коптенок Е.В., Хадорич Д.Д., Шелепина О.Д.</b> Моделирование задач принятия решений в управлении процессом организации и подготовки массовых мероприятий.....	101
<b>Секция «ЭВМ И СИСТЕМЫ».....</b>	109
<b>Лазарев И.С., Амелина Д.А., Сенькин С.С.</b> Сравнительный анализ алгоритмов обработки и хранения данных в базах данных: HIBERNATE VS JDBC.....	109
<b>Никифоров М.С., Костров Б.В.</b> Исследование параметров сигнала по каналу побочных электромагнитных излучений, формируемого при работе средств вычислительной техники.....	113
<b>Конкин А.А., Костров Б.В.</b> Значение выбора типа сигнала, используемого при проведении оценки эффективности экранирования экранированных сооружений на достоверность полученного результата....	120
<b>Сурма М.В., Хизриева Н.И.</b> Исследование способов борьбы с растеканием спектра.....	126
<b>Стежкин П.А., Вьюгина А.А.</b> Анализ эффективности работы алгоритма поразрядной сортировки на языках программирования PYTHON и JAVA.....	133
<b>Лучкина А.А., Тарасова В.Ю.</b> Разработка системы цифровой идентификации продукции на предприятии.....	136
<b>Мельник О.В., Бабаев С.И., Сараев М.Н.</b> Распознавание речи на основе нейросети с помощью библиотек VOSK и Kaldi.....	141

<b>Трушина Е.А.</b> Применение бинарного базиса для обработки изображений.....	146
<b>Назаров Н.А., Баранова С.Н.</b> Процедурная генерация ландшафта с использованием шума Перлина.....	152
<b>Костикова В.В., Громов А.Ю.</b> Проектирование информационной системы для проведения дистанционных культурных мероприятий.....	156
<b>Белокопытов А.В., Громов А.Ю.</b> Анализ методов построения архитектуры гибридных рекомендательных систем.....	160
<b>Баранова С.Н., Вьюгина А.А., Костров Б.В.</b> Процесс моделирования гидролокационных изображений путем переноса объекта.....	164
<b>Баранова С.Н.</b> Реализация алгоритма поиска объекта на битовой плоскости.....	168
<b>Оборина Т.А., Попова А.А.</b> Геймификация процесса контроля знаний студентов с использованием кроссвордных заданий.....	171
<b>Гринченко Н.Н., Попова А.А.</b> Особенности делегирования задач сотрудникам на основе компетентностного подхода.....	174
<b>Маркина Ю.А., Вьюгина А.А.</b> Сравнительный анализ средств разработки мобильных приложений для автоматизированных информационных систем.....	178
<b>Шестов Д.В.</b> Программно-аппаратный комплекс обнаружения и слежения за подвижными объектами.....	183
<b>Гринченко Н.Н., Попова А.А.</b> Разработка информационной системы для автоматизации процесса делегирования задач.....	186
<b>Гринченко Н.Н., Трушкова И.Н.</b> Предметно-языковое интегрированное обучение студентов неязыкового вуза.....	190
<b>Пчелинцева Е. Д., Говорская Д.Д.</b> Исследование микроконтроллера ARDUINO UNO с использованием светодиодного модуля RGB и светодиода.....	193
<b>Тарасова В.Ю.</b> Алгоритм выделения визуальных характеристик изображения.....	197
<b>Пасичняк В.Е.</b> Методика оценки частоты сердечных сокращений по видеоряду.....	202
<b>Степанова В.Н., Никифоров М.Б.</b> Анализ использования инструментов искусственного интеллекта при автоматической генерации тестовых сценариев.....	206
<b>Архангельская С.М.</b> Пирамида изображений в задачах корреляционного совмещения изображений.....	210

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ****Научное издание****В 10 томах****Том 4**

Под общей редакцией О.В. Миловзорова.

Подписано в печать 15.06.24. Формат 60x84 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

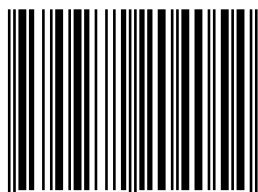
Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л..

Тираж 100 экз. Заказ №.

Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Редакционно-издательский центр РГРТУ,  
390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1.

ISBN 978-5-7722-0405-4



9 785772 204054 &gt;