

Санкт-Петербургский государственный политехнический
университет
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий



ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
МАГИСТРА

**Тема: Полуавтоматическое извлечение часто
задаваемых вопросов на основе анализа обращений
в службу поддержки**

Студент гр. 63501/3 П.П. Жук

Санкт-Петербургский государственный политехнический
университет
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Диссертация допущена к защите
зав. кафедрой

_____ В.М. Ицыксон

«____» _____ 2017 г.

ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени МАГИСТРА

**Тема: Полуавтоматическое извлечение часто
задаваемых вопросов на основе анализа обращений
в службу поддержки**

09.04.01 – Информатика и вычислительная техника
09.04.01.15 – Технологии проектирования системного и прикладного
программного обеспечения

Выполнил студент гр. 63501/3

_____ П.П. Жук

Научный руководитель,
м. т. т.

_____ М.Х. Ахин

Рецензент,
науч. степ, науч. звание

_____ Х.Х. YYYYYY

Консультант по нормоконтролю,
ст. преп.

_____ С.А. Нестеров

Консультант по ,
м.ф.-м.н.

_____ М.С. Давыдова

Эта страница специально оставлена пустой.

РЕФЕРАТ

Отчет, 42 стр., 1 рис., 4 табл., 16 ист., 1 прил.

АНАЛИЗ ТЕКСТА, ОБРАБОТКА ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА, ТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ

Часто задаваемые вопросы (ЧЗВ) содержат актуальную информацию о программном продукте и позволяют снизить нагрузку на отдел технической поддержки. Формирование ЧЗВ и поддержка их в актуальном состоянии требует существенных затрат от разработчика.

Описываемый в данной работе способ позволяет в автоматическом режиме выбрать наиболее релевантные для добавления в ЧЗВ вопросно-ответные пары, которые затем передаются эксперту для редактирования перед публикацией. Для этого применяются методы интеллектуального анализа текста и тематического моделирования.

Данный подход может быть применен и для других источников ИТ-дискуссий, таких как: форумы, вопросно-ответные системы. Практические результаты показывают, что используемый подход позволяет упростить формирование актуальных ЧЗВ.

ABSTRACT

Report, 42 pages, 1 figures, 4 tables, 16 references, 1 appendicies

TEXT MINING, NATURAL LANGUAGE PROCESSING, TOPIC
MODELING, FREQUENTLY ASKED QUESTIONS

Frequently asked questions (FAQ) contains answers for typical user problems of the software product and helps to decrease amount of calls to user support department. Creating the FAQ and filling out it with the actual information is pretty time- and resource-consuming from the developer.

This work proposes the technique for automatic extraction of the most relevant for the adding in the FAQ question-answer pairs. Then extracted question-answer pairs should be validated or edited by the expert before publication. The technique is based on the text mining and topic modeling approaches.

It is also could be applied for the other IT-discussions sources such as forums, question-answers systems an so on. Practical results shows this technique can be used to facilitate the creation of the FAQs.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЧАСТО ЗАДА- ВАЕМЫХ ВОПРОСОВ	11
1.1. Существующие подходы к задаче извлечения ЧЗВ . .	11
1.2. Тематическое моделирования	12
1.3. Методы построения тематической модели	14
1.3.1. Кластеризация и классификация	15
1.3.2. Латентно-семантическое индексирование	15
1.3.3. Вероятностный латентно-семантический анализ	15
1.3.4. Латентное размещение Дирихле	15
1.3.5. Другие методы	15
1.4. Оценка качества тематической модели	15
1.5. Вывод	15
2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	17
2.1. Формулирование требований	18
2.2. Решаемые задачи	18
2.3. Вывод	19
3. РАЗРАБОТКА	21
3.1. Обзор этапов подхода	21
3.2. Предобработка данных	21
3.2.1. Эвристики отображения	22
3.2.2. Эвристики тематического моделирования	23
3.2.3. Фильтрация обращений	24
3.3. Тематическое моделирование	25
3.3.1. Скрытое размещение Дирихле	25
3.4. Формирование пар вопрос-ответ	26
3.4.1. Дополнительная фильтрация	26
3.4.2. Определение вопросов и ответов	27
3.4.3. Удаление расфокусированных тем	28
4. РЕАЛИЗАЦИЯ	29
4.1. XML	29
4.2. JSON	31

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	37
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ . . .	39
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ЛИСТИНГИ	41

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

FAQ	Frequently Asked Questions
JSON	JavaScript Object Notation
LDA	Latent Dirichlet Allocation, скрытое размещение Дирихле
XML	eXtensible Markup Language
YAML	Yet Another Markup Language
ВОП	Вопросно-Ответная Пара
ЧЗВ	Часто Задаваемые Вопросы

ВВЕДЕНИЕ

Часто задаваемые вопросы (ЧЗВ) — список вопросов, которые часто возникают по какой-либо теме, и ответы на них, данные экспертами в соответствующей области. Программное обеспечение может сопровождаться ЧЗВ для помощи пользователям в решении распространенных проблем, например: Linux¹, Apache Lucene², Eclipse SWT³.

Основное преимущество ЧЗВ над пользовательской документацией и тематическими форумами — простота поиска необходимой информации. Однако создание качественных ЧЗВ — это нетривиальный процесс, требующий либо предугадывания потенциальных вопросов, либо ручного анализа обратной связи от пользователей. Целью данной работы является разработка метода извлечения ВОП из обращений в службу поддержки для упрощения задачи формирования ЧЗВ.

Предлагаемый способ, помимо обращений в службу поддержки, может быть использован и для других источников ИТ-дискуссий: форумов, вопросно-ответных систем. Сначала определяются часто обсуждаемые, повторяющиеся темы, для этого используется тематическое моделирование, а именно — скрытое размещение Дирихле (Latent Dirichlet allocation, LDA) [1], дополненное шагами пред- и постобработки, специфичными для ИТ-дискуссий. Далее среди обращений, относящихся к одной теме, с помощью косинусного расстояния и дополнительных фильтров проходит поиск вопросно-ответных пар (ВОП).

Извлечение ВОП — это автоматический процесс, однако перед публикацией в ЧЗВ необходимо провести дополнительный экспертный анализ, поскольку для извлеченных ВОП может потребоваться валидация, переформулирование или редактирование (например, удаление конфиденциальных данных). Таким образом, весь подход является полуавтоматическим.

Работа состоит из пяти разделов. В разделе 1 рассматриваются существующие подходы к задаче извлечения ЧЗВ, описываются различные тематические модели и способы оценки их качества. Раздел 2 посвящен постановке задачи извлечения ЧЗВ из обращений в службу поддержки. В разделе 3 описывается предлагаемый подход к решению поставленной задачи. Представлена общая схема подхода, а также по-

¹ <http://tldp.org/FAQ/Linux-FAQ/index.html>

² <https://wiki.apache.org/lucene-java/LuceneFAQ>

³ <http://www.eclipse.org/swt/faq.php>

дробно рассмотрен каждый из этапов. В разделе 4 рассматривается разработка алгоритма. Раздел 5 посвящен оценке качества полученного решения. В этом разделе приводятся результаты тестирования алгоритма, результаты экспертной оценки, предлагаются направления для проведения дальнейших исследований.

1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫХ ВОПРОСОВ

О чем глава?

1.1. Существующие подходы к задаче извлечения ЧЗВ

Предварительным этапом данной работы стало изучение существующих методик извлечения вопросно-ответных пар. Были изучены различные научные статьи за период 2004–2016 гг., выявлены следующие методы:

- Методы, основанные на машинном обучении — [2], [3];
- Методы, основанные на классификации — [4], [5];
- Методы на основе тематического моделирования — [6], [7], [8].

Методы, применяющие тематическое моделирование, являются наиболее предпочтительными, поскольку построение и использование тематической модели позволяет находить ВОП, у которых в вопросе и ответе используется схожая терминология. Это позволяет находить более качественные ВОП [7] по сравнению со способами, использующими машинное обучение или классификацию.

Работа [8] предлагает решать задачу извлечения ВОП в три шага: предобработка данных, тематическое моделирование, поиск вопросно-ответных пар. От других работ, использующих тематическое моделирование, эту работу отличает наличие дополнительных шагов обработки данных, специфичных для ИТ-дискуссий. При решении поставленной задачи, именно работа [8] применялась в качестве основной. Данная работа также использует модель скрытого размещения Дирихле (LDA), которая более подробно рассмотрена далее в этом разделе.

Работы [6] и [7] также используют LDA для вопросно-ответных систем. Работа [6], однако, предлагает проводить тематическое моделирование в рамках одного обращения, что может дать менее качественный результат, поскольку LDA показывает лучшие результаты на больших объемах данных. В [7] LDA используется для определения темы вновь поступивших вопросов, при этом для них не определяется

ответ. В статьях [9] и [10] рассмотрены модификации LDA, призванные улучшить качество тематического моделирования.

Работа [11] предлагает способ для нахождения лучшего ответа на вопрос среди уже предоставленных на примере размеченных данных со Stack Overflow. В текущей работе не используются размеченные данные, что позволяет получить более универсальное решение. В статье [5] представлен другой подход поиска ответов, связанный с использованием поисковой системы. Сначала комментарии разделяются на 6 классов: вопрос, уточнение, ответ, отзыв на ответ, мусор. Затем используется специально настроенная поисковая система для поиска только по ответам. Основное отличие от текущей работы заключается в способе определения релевантных ответов.

1.2. Тематическое моделирования

Тематическое моделирование — способ построения модели коллекции текстовых документов, которая определяет, к каким темам относится каждый из документов [12].

Впервые задача тематического моделирования возникла в 1958 году, когда Герхард Лисовски и Леонард Рост завершили работу по составлению каталога религиозных текстов на иврите, которые должны были помочь учёным определить значения давно утраченных терминов. Затем они собрали вместе все возможные контексты, в которых появлялся каждый из терминов. Следующей задачей было научиться игнорировать несущественные различия в формах слов и выделять те различия, которые влияют на семантику. Замыслом авторов было дать возможность исследователям языка проанализировать различные отрывки и понять семантику каждого термина в его контексте.

Проблемы такого рода возникают и сегодня при автоматическом анализе текстов. Одна и та же концепция может выражаться любым количеством различных терминов (синонимия), тогда как один термин часто имеет разные смыслы в различных контекстах (полисемия). Таким образом, необходимы способы различать варианты представления одной концепции и определять конкретный смысл многозначных терминов. Теоретически обоснованным и активно развивающимся направлением в анализе текстов на естественном языке, призванным решать перечисленные задачи, является тематическое моделирование коллекций текстовых документов.

Построение тематической модели может рассматриваться как задача одновременной кластеризации документов и слов по одному и тому же множеству кластеров, называемых темами. В терминах кластерного анализа тема — это результат би-кластеризации, то есть одновременной кластеризации и слов, и документов по их семантической близости. Обычно выполняется нечёткая кластеризация, то есть документ может принадлежать нескольким темам в различной степени. Таким образом, сжатое семантическое описание слова или документа представляет собой вероятностное распределение на множестве тем. Процесс нахождения этих распределений называется тематическим моделированием.

Тематическая модель (англ. topic model) коллекции текстовых документов определяет, к каким темам относится каждый документ и какие слова (термины) образуют каждую тему [13].

Переход из пространства терминов в пространство найденных тематик помогает эффективнее решать такие задачи, как тематический поиск, классификация и аннотация коллекций документов и новостных потоков.

Тематическое моделирование как вид статистических моделей для нахождения скрытых тем встреченных в коллекции документов, нашло свое применение в таких областях как машинное обучение и обработка естественного языка. Исследователи используют различные тематические модели для анализа текстов, текстовых архивов документов, для анализа изменения тем в наборах документов. В случае, когда документ относится к определенной теме, в документах посвященных одной теме можно встретить некоторые слова чаще других.

Например: «собака» и «кость» встречаются чаще в документах про собак, «кошки» и «молоко» будут встречаться в документах о коошках, предлоги «и» и «в» будут встречаться в обеих тематиках. Обычно документ касается нескольких тем в разных пропорциях, таким образом, документ в котором 10% темы составляют кошки, а 90% темы про собак, можно предположить, что слов про собак в 9 раз больше. Тематическое моделирование отражает эту интуицию в математическую структуру, которая позволяет на основании изучения коллекции документов и исследования частотных характеристик слов в каждом документе, сделать вывод, что каждый документ это некоторый баланс тем.

Как правило, количество тем, встречающихся в документах, меньше количества различных слов во всем наборе. Поэтому скрытые пе-

ременные (темы) позволяют представить документ в виде вектора в пространстве скрытых (латентных) тем вместо представления в пространстве слов. В результате документ имеет меньшее число компонент, что позволяет быстрее и эффективнее его обрабатывать. Таким образом, тематическое моделирование также может использоваться в таком классе задач, как уменьшение размерности данных. Кроме того, найденные темы могут использоваться для семантического анализа текстов.

1.3. Методы построения тематической модели

Задача извлечения скрытых тем из коллекции текстовых документов имеет множество применений. Помимо кластеризации и классификации документов, найденные темы могут применяться для определения релевантности документа заданной теме или запросу, определения тематического сходства документа с другими документами и их фрагментами, построения тематических профилей авторов, разбиения документа на тематически однородные фрагменты и т.д.

Современные способы тематического моделирования находят применение в широком спектре приложений:

- Кластеризация, классификация, ранжирование, аннотирование и суммаризация отчётов, научных публикаций, архивов документов и т.д.;
- Тематический поиск документов и связанных с ними объектов;
- Фильтрация спама;
- Построение тематических профилей пользователей форумов, блогов и социальных сетей для поиска тематических сообществ и определения наиболее активных их участников;
- Анализ новостных потоков и сообщений из социальных сетей для определения актуальных событий реального мира и реакции пользователей на них.

Тематическое моделирование позволяет автоматически систематизировать и обрабатывать электронные архивы такого масштаба, который человек не в силах обработать.

С точки зрения поставленной в данной работе задачи, тематическое моделирование используется для построения тематической модели корпуса обращений в службу поддержки. Затем в рамках одного

обращения определяется пара комментариев, наиболее близкая к соответствующей данному обращению теме. Таким образом учитывается сходство терминологии между задаваемым вопросом и полученным ответом на него.

1.3.1. Кластеризация и классификация

1.3.2. Латентно-семантическое индексирование

1.3.3. Вероятностный латентно-семантический анализ

1.3.4. Латентное размещение Дирихле

Лда. Почему именно ЛДА

1.3.5. Другие методы

1.4. Оценка качества тематической модели

1.5. Вывод

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В данной работе для анализа использовались обращения пользователей в техническую поддержку системы отслеживания ошибок YouTrack¹. Для взаимодействия с пользователями команда YouTrack использует Zendesk² — систему учета и обработки пользовательских обращений.

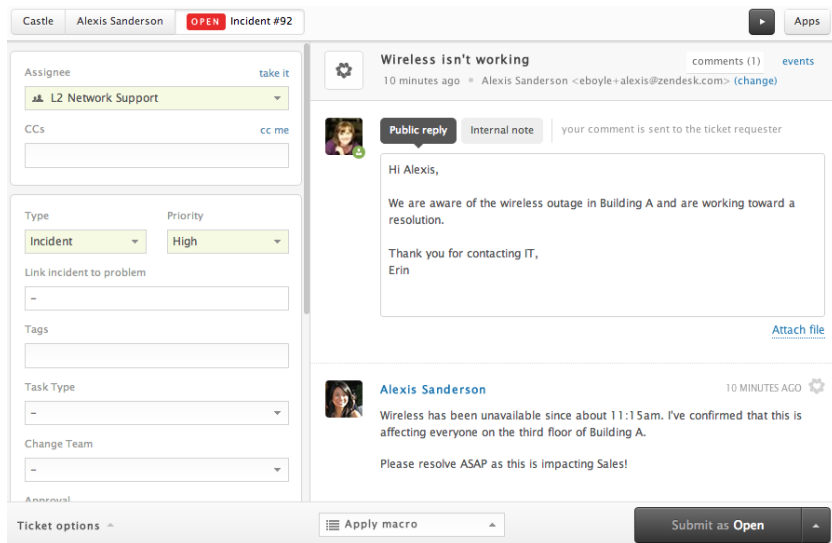


Рисунок 2.1. Пример обращения в системе Zendesk

В Zendesk обращения могут поступать из различных каналов: электронная почта, социальные сети, форма для прямой отправки обращений и так далее. Обращения состоят из комментариев и, в общем случае, представляют собой диалог между клиентом и сотрудником технической поддержки. На рисунке 2.1 приведен пример обращения в системе Zendesk. Поскольку Zendesk агрегирует все поступающие обращения, то мы не можем делать предположений о их разбиении по темам. То есть заранее неизвестно, какие из обращений относят-

¹ <http://jetbrains.ru/products/youtrack/>

² <https://www.zendesk.com>

ся, например, к проблемам администрирования YouTrack, а какие — связаны с пользовательским интерфейсом.

Было проанализировано 6500 обращений за период с декабря 2015 года по сентябрь 2016 года. Стоит отметить, что на момент написания статьи работа еще не была завершена, однако промежуточные результаты показывают, что подход может быть применен для генерации ЧЗВ. Из предложенных эксперту ВОП 50% было признано корректными по сравнению с 37%, полученными в работе [8].

2.1. Формулирование требований

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

2.2. Решаемые задачи

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

2.3. Вывод

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

3. РАЗРАБОТКА

3.1. Обзор этапов подхода

Этап 1 — подготовка обращений к отображению в ЧЗВ. Сырые данные содержат много шума: HTML разметка, заголовки электронной почты («01 июля 2001 г., 10:10 пользователь ... написал:»), приветствия, благодарности и так далее. Этот шум заметно влияет на алгоритм. Для повышения качества результатов применяется ряд эвристик предобработки, которые значительно доработаны в сравнение со статьёй [8]. При этом также фильтруются обращения, которые заведомо не могут содержать вопроса или ответа.

Этап 2 — определение кластеров связанных обращений (в дальнейшем — тем) используется скрытое размещение Дирихле. LDA описывает каждую тему с помощью мешка слов (наиболее характерных терминов) и для каждого обращения определяет вероятностное распределение по темам. Затем каждому обращению сопоставляется тема с наибольшей вероятностью. После чего темы проходят через фильтр, с целью удаления незначимых с точки зрения ЧЗВ тем.

Этап 3 — формирование ВОП. Для каждого комментария в рамках обращения считается метрика близости между текстом комментария и соответствующей темой. На основе этой метрики определяются хорошо сформулированные вопросы и релевантные ответы на них.

Стоит отметить, что хотя тематическое моделирование и позволяет определить схожие по терминологии вопросы, которые фактически являются часто задаваемыми, алгоритм не ограничивается только этим и позволяет находить редкие ВОП, если они хорошо сформулированы и имеют корректный ответ. При этом большее внимание в работе уделялось поиску качественных ВОП (точность), чем поиску всех возможных ВОП (полнота). Основная мотивация такого решения заключается в желании сократить до минимума ручную часть алгоритма — валидацию и редактирование ВОП.

3.2. Предобработка данных

Исходные данные представляют собой 6500 обращений, собранных из различных каналов поступления обращений с помощью систе-

мы автоматизации запросов клиентов Zendesk¹. Каждое обращение содержит ряд метаданных. В то время как использование метаданных ограничивает область применения алгоритма, это позволяет повысить его качество. В данной работе использовалась метайнформация, широко распространенная для данных такого рода: статус обращения и авторство комментария.

Мы предполагаем, что ответ на вопрос содержится в одном комментарии и не пытаемся объединить несколько комментариев для создания ответа. Для анализа использовались только обращения на английском языке.

Эвристики предобработки делятся на 2 категории: эвристики отображения и эвристики тематического моделирования. Первые предназначены для приведения обращений к виду, максимально близкому к виду ЧЗВ, вторые — применяются поверх первых и создают отдельное представление, используемое в LDA.

Из входных данных были отфильтрованы обращения только со статусом "закрыто" и "выполнено". Данные статусы говорят о том, что обращения имеют окончательный набор комментариев, в то время как другие обращения еще могут находиться в активном обсуждении.

3.2.1. Эвристики отображения

Эвристика 1 (специфичные регулярные выражения): данная эвристика направлена на удаление фрагментов, зависящих от предметной области или используемого программного обеспечения. Например: информация, добавляемая системой управления обращениями; шаблоны оформления обращений через веб-форму, содержащие дополнительные поля (имя, e-mail, компания); и так далее.

Эвристика 2 (удаление цитат электронной почты): 33% обращений созданы через электронную почту. Комментарии в таких обращениях часто цитируют предыдущее сообщение. Для удаления цитат использовалась самостоятельно разработанная библиотека email-parser².

Эвристика 3 (удаление общих суффиксов): большинство пользователей, как правило, имеют подпись, которая добавляется в конец каждого отправленного ими сообщения. Для удаления таких подписей предлагается следующее:

¹ www.zendesk.com

² <https://github.com/JetBrains/email-parser>

- Для всех комментариев в исходных данных попарно посчитать общий суффикс;
- У каждого комментария удалить суффикс максимальной длины;

Суффикс определяется построчно, что позволяет избежать частично-го удаления абзацев с полезной информацией.

Эвристика 4 (короткие абзацы): многие сообщения начинаются со слов приветствия и заканчиваются словами благодарности. Как правило, эти фрагменты выделены в отдельные абзацы (отделены символом новой строки) и значительно короче основной части сообщения (20-25 символов против 300-500). Данная эвристика удаляет (при наличии) один короткий начальный абзац и все короткие конечные абзацы. Абзац является коротким, если он состоит из 3 или меньше слов. Это число было определено эмпирически. Дополнительно этот шаг позволяет удалить фрагменты подписи, оставшиеся после эвристики 3.

Эвристика 5 (частые предложения): данная эвристика была взята из статьи [8] и говорит о том, что предложения, встречающиеся на всем наборе обращений более 15 раз, не содержат информации, специфичной для конкретного вопроса. Стоит отметить, что учёт предложений, состоящих из одного слова, или игнорирование регистра текста приводит к частичному удалению предложений и, как следствие, ухудшению внешнего вида ВОП.

Как результат применения описанных выше эвристик текст комментариев часто может начинаться с нижнего регистра (ввиду удаления приветствий) и содержать лишние пустые строки, что снижает читаемость. Данные недостатки следует исправить, так как именно в таком виде ВОП будут показываться экспертам.

3.2.2. Эвристики тематического моделирования

Эвристики из данной группы применяются с целью повышения качества LDA. Поскольку при этом теряется часть информации, необходимой для отображения ЧЗВ, две версии каждого комментария должно быть сохранено, как показано в таблице 3.1.

Эвристика 6 (регулярные выражения): пользовательские данные ухудшают качество LDA. Например, тема, включающая в себя имя

некоторого пользователя, будет содержать обращения, в которых часто встречается это имя, несмотря на то, что сами обращения могут относиться к разным подсистемам. На этом этапе предлагается удалять: унифицированные идентификаторы ресурса (URI) и пути, адреса электронной почты и названия сайтов (www.mysite.com).

Эвристика 7 (удаление длинных абзацев): абзацы естественной речи для ИТ-дискуссий редко превышают 800 символов, в то время как длина машинно сгенерированного текста (логи, трассировки, код) часто больше этого значения.

Эвристика 8 (абзацы с пунктуацией): было установлено, что абзацы длиной больше 200 символов и содержащие более 6% символов пунктуации также являются машинно сгенерированными. Ограничение на минимальную длину абзаца позволяет избежать ложных срабатываний. В качестве символов пунктуации использовались следующие символы:

‘“=/*+,:;(){}[]<>%\$@&’_

Эвристика 9 (удаление стоп-слов): удаляются наиболее частые слова английского языка, которые не помогают в определении темы в виду своего общего назначения. К ним стоит добавить слова, часто используемые в анализируемой области (‘java’ или ‘class’ для обсуждения разработки на Java).

Таблица 3.1. Эффект применения эвристик

Версия для ЧЗВ	Версия для LDA
I want to configure youtrack over SSL but not able to find any solution or article on the subject	configure SSL solution article subject

3.2.3. Фильтрация обращений

После применения эвристик некоторые из комментариев могут оказаться пустыми, в то время как другие могут не содержать ответа от технического специалиста. Из таких обращений не удастся извлечь ВОП. Воспользуемся метаинформацией об авторстве и отфильтруем обращения, имеющие не пустой первый комментарий (в версии для

LDA) и не менее одного не пустого комментария от сотрудника технической поддержки.

Обращения, содержащие длинную нить обсуждения (более 6 комментариев), вероятно, имеют одну из следующих проблем: вопрос плохо сформулирован, вопрос слишком специфичен, ответ недостаточно полон и содержится в нескольких комментариях. Такие обращения необходимо удалить.

Специфичные для предметной области обращения, например: обращение закрытое по причине слияния с другим обращением, и так далее — также необходимо удалить.

3.3. Тематическое моделирование

Тематическое моделирование [12] позволяет (а) сгруппировать схожие обращения по темам (например, одна тема может касаться почтовой интеграции, а другая — вопросов о продлении подписки для пользователей), (б) охарактеризовать каждую тему списком терминов — мешком слов.

3.3.1. Скрытое размещение Дирихле

В работе использовался метод скрытого размещения Дирихле и его реализация на Java [14]. LDA работает с любыми текстовыми документами, поэтому далее будет использоваться термин 'документ' для описания обращения, как совокупности его комментариев.

LDA — это вероятностная тематическая модель, не требующая размеченных данных для обучения, однако требующая указания количества моделируемых тем. LDA описывает каждую тему t , как вероятностное распределение по всем словам из входных данных (ϕ_t) . Каждый документ d описывается вероятностным распределением по темам (θ_d) . Цель LDA - максимизировать функцию (1) путем оптимизации ϕ и θ :

$$P(\theta, \phi) = \prod_{t=1}^T P(\phi_t) \prod_{d=1}^D P(\theta_d) \prod_{w=1}^{W_d} P(Z_{d,w}|\theta_d)P(N_{t,w}|\phi_t) \quad (1)$$

где T — количество тем, D — количество документов, W_d — количество различных слов в документе d , $Z_{d,w}$ — определяет принадлеж-

ность слова w к документу d и $N_{t,w}$ — принадлежность слова w к теме t .

Распределения ϕ и θ в свою очередь зависят от гиперпараметров α и β соответственно. Реализация LDA в [14] поддерживает автоматическую оптимизацию этих параметров с использованием сэмплирования по Гиббсу [15]. Программисту остается лишь указать количество тем.

Определение количества тем — нетривиальная задача. Используемая метрика - перплексия [1], показывает сходство между терминами документов и их темой (меньше - лучше), но не отражает семантическую связь, поэтому так важен этап экспертной оценки. Тем не менее, перплексия позволяет определить минимальное число тем, при котором обращения начинают разделяться на четко выраженные подтемы. Критерием является значительное замедление скорости падения перплексии с ростом числа тем. Раздел ??-?? показывает как можно избавиться от расфокусированных тем, поэтому точное определение количества тем не требуется. Основываясь на перплексии, для построения тематической модели было выбрано количество тем, равное 250.

В результате тематического моделирования для каждого документа определяется вероятностное распределение по темам $\theta_{d,t}$. Мы сопоставляем каждому обращению одну тему — тему с максимальной вероятностью. Однако, если для обращения d вероятность каждой темы $\theta_{d,t} < 0.25$, то такое обращение не имеет четко выраженной темы и для него не будет определяться ВОП.

3.4. Формирование пар вопрос-ответ

Процесс получения ЧЗВ из смоделированных тем состоит из трех шагов: фильтрация неинформативных тем, определение пар вопрос-ответ, удаление расфокусированных тем.

3.4.1. Дополнительная фильтрация

Данный этап не обязателен и предполагает некоторые априорные знания о данных, а также то, что алгоритм уже запускался ранее. Используемые в работе данные (обращения в техническую поддержку) могут содержать большое количество типичных, повторяющихся обращений с шаблонными ответами (просьбы о сбросе пароля; вопро-

сы о недоступности сервиса и так далее). Такие обращения являются частыми, но не несут полезной информации для ЧЗВ.

После построения тематической модели можно найти мешки слов для таких тем. Следует оставить 10 наиболее значимых слов для каждой из них. При последующих запусках LDA удаляются темы, для которых выполняется условие: хотя бы половина из топ-10 слов темы совпадают с одной из фильтруемых тем. Темы проверяются на частичное совпадение, поскольку LDA недетерминирован и мешки слов могут незначительно отличаться от запуска к запуску.

Данный фильтр позволяет избавиться от шаблонных ВОП, однако может негативно влиять на метрики качества (см. раздел ??), поскольку удаляемые таким образом темы четко выражены и содержат большое количество обращений.

3.4.2. Определение вопросов и ответов

Для определения вопросов и ответов для каждого комментария вычисляется метрика близости с соответствующей темой. Для этого использовалось косинусное расстояние [16]:

$$\cos(e, t) = \frac{\sum_{i=1}^n t_i e_i}{\sum_{i=1}^n (t_i)^2 \sum_{i=1}^n (e_i)^2} \quad (2)$$

где t - вектор, соответствующий мешку слов темы, e - вектор, соответствующий словам комментария в представлении для LDA. Чем больше значение косинуса, тем сильнее комментарий связан с темой.

Комментарий выбирается в качестве *вопроса* при выполнении трех условий: (а) это первый комментарий в обращении; (б) косинус комментария и темы ($\cos(Q, T)$) выше порога 0.15; (в) длина комментария не превышает 1000 символов (более длинный текст комментария говорит о слишком специфичном для конкретного пользователя вопросе).

Условия выбора комментария в качестве *ответа*: (а) это не первый комментарий в обращении; (б) не является комментарием инициатора обращения; (в) косинусное расстояние с темой ($\cos(A, T)$) выше порога 0.15 и максимально среди других кандидатов на ответ.

Обращения в службу поддержки, типично представляют собой диалог с итеративным уточнением деталей, предоставлением дополнительной информации и попытками дать окончательный ответ. В

качестве вопроса выбирается только инициирующий комментарий, поскольку все последующие комментарии пользователя не будут содержать полной информации о проблеме. Ответом считается комментарий сотрудника технической поддержки, наиболее совпадающий с темой по используемым терминам. Таким образом, обеспечивается сходство терминологии между вопросом и ответом для найденных ВОП.

3.4.3. Удаление расфокусированных тем

Ввиду отсутствия возможности точно определить моделируемое число тем (см. ??-??) возможны случаи, когда реальное количество тем будет меньше или больше смоделированного. В первом случае полученные после LDA темы будут слишком общими, что приведет к большим различиям между терминологиями темы и принадлежащими ей обращениями и, как следствие, пониженному количеству и качеству найденных ВОП. Во втором — создадутся фантомные темы, терминология которых будет плохо совпадать с реальными данными. Удалим такие расфокусированные темы за счет введения минимальной доли ВОП (3) со значением 0,1.

$$\frac{|QAPairs|}{|tickets|} > threshold \quad (3)$$

Образованные ВОП упорядочиваются (в рамках каждой темы или глобально) с использованием гармонического среднего между $\cos(Q, T)$ и $\cos(A, T)$. Гармоническое среднее (4) для получения высокого значения требует, чтобы все составляющие были высоки, таким образом, гарантируется, что и вопрос, и ответ имеют высокое качество.

$$H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}} \quad (4)$$

После этого ВОП передаются эксперту для валидации и редактирования перед публикацией.

4. РЕАЛИЗАЦИЯ

4.1. XML

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

You can use all kinds of abbreviations that don't mean anything, but add a false sense of importance and significance to your work. Some of these abbreviations are:

- eXtensible Markup Language (XML)
- JavaScript Object Notation (JSON)
- Yet Another Markup Language (YAML)

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Таблица 4.1. Решетка замечательности аббревиатур

XML < JSON < YAML

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur

adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Листинг 4.1. Пример описания аспектов в AspectJ

```
aspect A {
    pointcut fooPC(): execution(void Test.foo());
    pointcut printPC(): call(void System.out.println(String));

    before(): cflow(fooPC()) && printPC() {
        System.out.println("Hello ,_world!");
    }
}
```

4.2. JSON

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent

lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА

Для оценки качества алгоритма использовались следующие метрики: перплексия, количество ВОП, косинус между вопросом и темой, косинус между ответом и темой. Таблица 5.1 показывает влияние этапов предобработки и параметров алгоритма на значения метрик.

Видно, что применение эвристик предобработки и фильтров (за исключением фильтра тем) положительно влияет на косинус вопросов и ответов. Изменение параметров в большую сторону позволяет находить меньшее количество более качественных, с точки зрения косинусного расстояния, ВОП.

Экспертная оценка проводилась только для оптимального набора параметров. В качестве эксперта выступил разработчик YouTrack, которому было предложено 20 ВОП с наибольшим значением гармонического среднего. Эксперту необходимо было оценить, какие из предложенных ВОП подходят для публикации в ЧЗВ. Результаты представлены в таблице 5.2. Доля подходящих для публикации ВОП составила 50%, для [8] данный показатель составил 37%.

Да момент написания статьи работа еще не была завершена, планируется дополнительная оптимизация с целью повышения доли подходящих для публикации ВОП и получение дополнительных экспертных оценок.

Таблица 5.1. Влияние эвристик и параметров на медианные значения метрик

Исследуемый параметр	Старое значение	Новое значение	Перплексия	Количество ВОП	$\cos(Q, T)$	$\cos(A, T)$
Оптимальные параметры	-	-	1864	357	0.396	0.413
Эвристики отображения(??-??)	вкл	выкл	1971	361	0.371	0.395
Эвристики тематич. моделир.(??-??)	вкл	выкл	2016	384	0.369	0.391
Фильтр обращений(??-??)	вкл	выкл	1924	403	0.370	0.388
Фильтр тем(??-??)	вкл	выкл	1791	472	0.393	0.416
Порог выбора темы LDA(??-??)	0.25	0.0	1853	376	0.366	0.404
Порог выбора темы LDA(??-??)	0.25	0.4	1871	302	0.399	0.421
Минимальное значение косинуса(??-??)	0.15	0.0	1860	394	0.337	0.359
Минимальное значение косинуса(??-??)	0.15	0.3	1864	288	0.387	0.419
Минимальная доля ВОП(??-??)	0.1	0.0	1869	376	0.384	0.407
Минимальная доля ВОП(??-??)	0.1	0.2	1850	324	0.391	0.417

Таблица 5.2. Экспертная оценка

Категория ВОП	Количество	Доля, %
Общее количество	20	100
Подходит для публикации без редактирования	6	30
Подходит для публикации с редактированием вопроса или ответа	4	20
Не подходит для публикации. Некорректный вопрос или ответ	10	50

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На момент написания статьи работа еще не была завершена. Однако промежуточные результаты показывают улучшение относительно оригинальной работы [8] — 50% одобренных экспертом ВОП против 37% в [8].

Дальнейшие исследования могут проводиться в следующих направлениях:

- увеличение полноты решения;
- улучшение качества детектирования машинно-сгенерированного текста;
- обработка мультязычных данных: (а) моноязычные обращения; (б) мультязычные обращения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Blei David M., Ng Andrew, Jordan Michael. Latent Dirichlet allocation // Journal of Machine Learning Research. — 2003. — Vol. 3.
2. Shrestha Lokesh, McKeown Kathleen. Detection of Question-answer Pairs in Email Conversations // Proceedings of the 20th International Conference on Computational Linguistics. — COLING '04. — Stroudsburg, PA, USA : Association for Computational Linguistics, 2004. — URL: <https://doi.org/10.3115/1220355.1220483>.
3. Finding Question-answer Pairs from Online Forums / Gao Cong, Long Wang, Chin-Yew Lin et al. // Proceedings of the 31st Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. — SIGIR '08. — New York, NY, USA : ACM, 2008. — P. 467–474. — URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1390334.1390415>.
4. Hong Liangjie, Davison Brian D. A Classification-based Approach to Question Answering in Discussion Boards // Proceedings of the 32Nd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. — SIGIR '09. — New York, NY, USA : ACM, 2009. — P. 171–178. — URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1571941.1571973>.
5. Gottipati S, Lo D, Jiang J. Finding relevant answers in software forums // Proceedings of the Automated Software Engineering Conference. — 2011.
6. Celikyilmaz A, Hakkani-Tur D, Tur G. Lda based similarity modeling for question answering // Proceedings of the NAACL HLT 2010 Workshop on Semantic Search. — 2010.
7. Liu M, Liu Y, Yang Q. Predicting best answerers for new questions in community question answering // Proceedings of the 11th International Conference on Webpage Information Management. — 2010.
8. Henß Stefan, Monperrus Martin, Mezini Mira. Semi-automatically Extracting FAQs to Improve Accessibility of Software Development Knowledge // Proceedings of the International Conference on Software Engineering (ICSE). — 2012.
9. How to Effectively Use Topic Models for Software Engineering Tasks? An Approach Based on Genetic Algorithms / Annibale Panichella,

- Bogdan Dit, Rocco Oliveto et al. // Proceedings of the 2013 International Conference on Software Engineering. — 2013. — P. 522–531.
10. Source-LDA: Enhancing probabilistic topic models using prior knowledge sources / J. Wood, P. Tan, A. Das et al. // ArXiv e-prints. — 2016. — Jun. — 1606.00577.
 11. Tian Qiongjie, Zhang Peng, Li Baoxin. Towards Predicting the Best Answers in Community-Based Question-Answering Services // Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media. — 2013.
 12. Коршунов Антон, Гомзин Андрей. Тематическое моделирование текстов на естественном языке // Труды Института Системного Программирования РАН. — 2012. — Т. 23.
 13. Воронцов Константин. Вероятностное тематическое моделирование. — 2013.
 14. McCallum Andrew Kachites. MALLET: A Machine Learning for Language Toolkit. — 2002. — <http://mallet.cs.umass.edu>.
 15. Heinrich Gregor. Parameter estimation for text analysis // Technical report, Fraunhofer IGD. — 2005.
 16. Goma Wael H., Fahmy Aly A. A Survey of Text Similarity Approaches // International Journal of Computer Applications. — 2013. — Vol. 68.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ЛИСТИНГИ

Листинг А.1. Исходный код класса Main

```
1 package executable
2
3 import executable.setup.commonOptionsMap
4 import executable.setup.outerResourcesDir
5 import executable.setup.performAction
6 import executable.setup.resourcesDir
7 import org.apache.commons.cli.Option
8 import org.apache.commons.cli.Options
9 import org.jetbrains.zkb.db.DBReader
10 import org.jetbrains.zkb.lda.lda
11 import java.io.File
12
13 fun main(args: Array<String>) =
14     performAction(
15         defineOptions(),
16         args,
17         listOf(
18             setOf("f", "dicts", "mp", "nt") to { cmd ->
19                 processData(
20                     cmd.getOptionValue("f"),
21                     cmd.getOptionValue("dicts"),
22                     cmd.getOptionValue("mp"),
23                     cmd.getOptionValue("nt").toInt(),
24                     inResourceDir = cmd.hasOption("ird"
25                         ),
26                     verbose = true
27                 )
28             }
29         )
30     )
31
32 private fun defineOptions(): Options {
33     val options = Options()
34     options.addOption(commonOptionsMap["f"])
35     options.addOption(commonOptionsMap["dicts"])
36     options.addOption(commonOptionsMap["ird"])
37     options.addOption(commonOptionsMap["mp"])
38     options.addOption(specificOptionsMap["nt"])
39     return options
40 }
41
42 private val specificOptionsMap = mapOf(
43     "nt" to Option("nt", "num-topics", true, "Number of topics for
44         LDA"
45     )
46 )
47
```

```

48 private fun processData(
49     sourceFilename: String,
50     dictionariesDir: String,
51     mongoPropFilename: String,
52     numTopics: Int,
53     inResourceDir: Boolean = false,
54     verbose: Boolean = true
55 ) {
56     val defaultPath = if (inResourceDir) resourcesDir else ""
57
58     val model = lda(
59         numTopics,
60         File("$defaultPath$sourceFilename"),
61         File("$defaultPath$dictionariesDir").listFiles().toList(),
62         iterations = 2000,
63         alpha_t = 0.1
64     )
65
66     DBReader("$defaultPath$mongoPropFilename", verbose).use { reader ->
67         model.printClusters(
68             reader.readTicketThreads(),
69             outDir = File(
70                 "${outerResourcesDir}out${File.separator}" +
71                 "${System.currentTimeMillis()}_${
72                     numTopics}"
73             ),
74             verbose = verbose
75         )
76     }
77 }

```