

# АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматривается применение методов машинного обучения и обработки естественного языка к решению задачи автоматической связи сообщений твиттера и новостных статей.

Проведен обзор существующих подходов к решению задачи. Проведено исследование эффективности различных методов решения задачи и разных способов построения набора данных. Реализовано автоматическое установление связей между сообщениями твиттера и новостными статьями в формате рекомендаций для твита наиболее подходящих новостных статей.

В организационно-экономической части представлено технико-экономическое обоснование разработки, проанализирована структура затрат проекта и построен календарный план-график проекта.

Пояснительная записка к работе содержит текст на 65 листах формата А4, 9 таблиц, 28 рисунков, список литературы из 11 библиографических ссылок.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>Определения</b>	<b>4</b>
<b>1 Обзор</b>	<b>6</b>
1.1 Существующие подходы к решению задачи . . . . .	6
1.1.1 Определение схожести текстов на основе частотности употребления слов .	6
1.1.2 Обобщённый метод, сопоставляющий новостной статье высказывания из социальных медиа . . . . .	7
1.1.3 Связывание твитов с новостями на основе словарей соответствий . . . . .	8
1.1.4 Метод WTMF . . . . .	8
1.1.5 Метод WTMF-G . . . . .	10
1.2 Выбор подхода для решения задачи . . . . .	11
<b>2 Постановка задачи</b>	<b>12</b>
<b>3 Получение и разметка данных</b>	<b>13</b>
3.1 Получение данных . . . . .	13
3.1.1 Получение твитов . . . . .	13
3.1.2 Получение новостных статей . . . . .	14
3.1.3 Расшифровка сокращённых URL . . . . .	15
3.1.4 Выявление источников новостей . . . . .	16
3.2 Описание собранных данных . . . . .	18
3.3 Разметка наборов данных . . . . .	18
3.3.1 Автоматическая разметка набора данных . . . . .	18
3.3.2 Ручная разметка набор данных . . . . .	20
3.4 Построение связей текст-текст . . . . .	21
3.5 Сформированные наборы данных . . . . .	23
<b>4 Установления взаимосвязей между новостями и твитами</b>	<b>25</b>
4.1 Архитектура . . . . .	25
4.2 Обработка естественного языка . . . . .	29
4.3 Метод WTMF . . . . .	29
4.4 Метод WTMF-G . . . . .	30
4.5 Эффективная работа с матрицами . . . . .	31
<b>5 Руководство пользователя</b>	<b>33</b>

5.1	Пакет <code>twnews_consumer</code> . . . . .	33
5.1.1	Конфигурирование . . . . .	33
5.1.2	Установка . . . . .	33
5.1.3	Использование . . . . .	34
5.2	Пакет <code>twnews</code> . . . . .	35
5.2.1	Конфигурирование . . . . .	35
5.2.2	Установка . . . . .	35
5.2.3	Использование . . . . .	35
<b>6</b>	<b>Эксперименты</b>	<b>43</b>
6.1	Методы оценки качества . . . . .	43
6.1.1	Метрика качества $MRR$ . . . . .	43
6.1.2	Метрика качества $TOP_I$ . . . . .	43
6.2	Оптимизация качества WTMF, путём варьирования параметров . . . . .	44
6.3	Оптимизация качества WTMF-G, путём варьирования параметров . . . . .	46
6.4	Сравнительные результаты . . . . .	49
<b>7</b>	<b>Технико-экономическое обоснование</b>	<b>51</b>
7.1	Трудоемкость разработки программной продукции . . . . .	52
7.1.1	Трудоемкость разработки технического задания . . . . .	53
7.1.2	Трудоемкость разработки эскизного проекта . . . . .	54
7.1.3	Трудоемкость разработки технического проекта . . . . .	54
7.1.4	Трудоемкость разработки рабочего проекта . . . . .	56
7.1.5	Трудоемкость выполнения стадии «Внедрение» . . . . .	58
7.2	Расчет количества исполнителей . . . . .	59
7.3	Ленточный график выполнения работ . . . . .	60
7.4	Определение себестоимости программной продукции . . . . .	61
7.5	Определение стоимости программной продукции . . . . .	62
7.6	Расчет экономической эффективности . . . . .	62
7.7	Результаты . . . . .	63
	<b>Заключение</b>	<b>64</b>
	<b>Список использованных источников</b>	<b>65</b>

# ВВЕДЕНИЕ

В современном мире всё больший вес приобретают социальные медиа (преимущественно социальные сети). Их главное отличие от традиционных медиа (газеты, тв) заключается в том, что контент порождается тысячами и миллионами людей. Социальные медиа не заменяют традиционные новостные источники, а дополняют их. Они могут служить полезным социальным датчиком того, насколько популярна история (тема) и насколько долго. Часто, обсуждения в социальных медиа основаны на событиях из новостей и, наоборот, социальные медиа влияют на новостные события.

Одной из самых популярных социальных сетей является Twitter (Твиттер) — социальная сеть для публичного обмена сообщениями. Главной особенностью Твиттера является малый размер сообщений (140 символов), называемых твитами. Часто твиты являют собой описание происходящего прямо сейчас события, отклик на него.

Происходящие в мире события описываются статьями в новостных изданиях. Новостные статьи и твиты пользователей твиттера не редко описывают одно и то же событие. Существует актуальная проблема установления связей между твитами и новостными статьями, которые описывают одно и то же событие. Выявление связи между сообщениями твиттера и новостями позволит как расширить информативность твитов, так и обогатить новости.

Среди преимуществ расширения новости с помощью твитов можно выделить такие, как определение отношения аудитории к новости, дополнительные признаки для тематической классификации новостей, дополнительная информация для аннотирования новостей.

Современные методы обработки естественного языка хорошо работают, используя большой массив текста в качестве входных данных, однако, они становятся неэффективными, когда применяются на коротких текстах, таких как твиты. Существенным преимуществом расширения твита с помощью новости является появляющаяся возможность использования большого количества методов обработки естественного языка.

Данная работа ставит целью исследование и разработку методов автоматического установления связей между сообщениями твиттера и новостными статьями.

# ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей работе применяют следующие термины с соответствующими определениями.

*Твиттер* — социальная сеть для публичного обмена короткими (до 140 символов) сообщениями при помощи веб-интерфейса, SMS, средств мгновенного обмена сообщениями или сторонних программ-клиентов.

*Твит* — термин сервиса микроблоггинга Твиттер, обозначающий сообщение, публикуемое пользователем в его твиттере. Особенностью твита является его длина, которая не может быть больше 140 знаков.

*Ретвит* — сообщение, целиком состоящее из цитирования сообщения одного пользователя Твиттера другим.

*Новость* — оперативное информационное сообщение, которое представляет политический, социальный или экономический интерес для аудитории в своей свежести, то есть сообщение о событиях произошедших недавно или происходящих в данный момент.

*Хэштег* — слово или фраза, которым предшествует символ #, используется в различных социальных сетях (Twitter, Facebook, Instagram) для объединения группы сообщений по теме или типу. Например: #искусство, #техника, #смешное, #анекдоты и т.д.

*URL* (от англ. Uniform Resource Locator — единый указатель ресурса) — единообразный определитель местонахождения ресурса. URL служит стандартизированным способом записи адреса ресурса в сети Интернет.

*Обработка естественного языка* (англ. Natural language processing) — направление математической лингвистики, которое изучает проблемы компьютерного анализа и синтеза естественных языков.

*Именованная сущность* — последовательность слов, являющаяся именем, названием, идентификатором, временным, денежным или процентным выражением.

*Аннотирование текста* — краткое представление содержания текста в виде аннотации (обзорного реферата).

*Информационный поиск* — процесс поиска неструктурированной документальной информации, удовлетворяющей информационные потребности, и наука об этом поиске.

*TF-IDF* (от англ. TF — term frequency, IDF — inverse document frequency) — статистическая мера, используемая для оценки важности слова в контексте документа, являющегося частью коллекции документов или корпуса. Вес некоторого слова пропорционален количеству употребления этого слова в документе, и обратно пропорционален частоте употребления слова в других документах коллекции.

*TF-IDF матрица* — матрица, строки которой соответствуют словам из корпуса, а столбцы текстам. Значение ячейки матрицы  $(i, j)$  равно значению метрики tf-idf для слова, соответ-

ствующего строчке  $i$ , и текста, соответствующего столбцу  $j$ .

*WTFM* — метод машинного обучения, применяемый для анализа схожести между короткими текстами [4].

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

*LDA* (от англ. Latent Dirichlet allocation — Латентное размещение Дирихле) — методов тематического моделирования, позволяющий объяснять результаты наблюдений с помощью неявных групп.

# 1 Обзор

Решение задачи по установлению взаимосвязи между твитами и новостными статьями в общем случае представляет собой решение задачи определения семантического сходства между короткими текстами. Методы естественной обработки языка не позволяют с высокой степенью точности определить семантическое сходство между короткими текстами, поэтому установление связей между твитами и новостями должно опираться на дополнительную информацию о предметной области.

## 1.1 Существующие подходы к решению задачи

Задача автоматического установления связей между твитами и новостными статьями до сих пор не имеет устоявшегося решения. В рамках предварительного исследования были отобраны наиболее перспективные подходы к решению задачи, а именно:

- метод WTMT-G, представляющий собой доработку метода WTMF, которая позволила учитывать информацию о связях между текстами;
- обобщённый метод, позволяющий по новости находить относящиеся к ней высказывания из социальных медиа;
- связывание твитов с новостями на основе словарей соответствий;

Также рассматривается классическое решение задачи определения схожести текстов на основе частотности употребления слов. Ниже представлен краткий обзор выбранных методов.

Стоит также ввести несколько определений употребляемых в дальнейшем: под связью *текст-текст* подразумевается определение двух текстов как схожих на основе некоторой дополнительной информации; под связью *текст-слово* подразумевается определение двух текстов как схожих только на основе слов, из которых они состоят.

### 1.1.1 Определение схожести текстов на основе частотности употребления слов

Наиболее простым и очевидным подходом к решению задачи связывания твитов с новостными статьями, является связывание текстов, наиболее близких по частотности употребления слов. Способ основан на сравнении значений метрики TF-IDF, поэтому в дальнейшем будем называть этот способ TF-IDF методом.

Решение задачи связывания твитов с новостными статьями на основе частотности употребления слов можно представить в виде небольшого алгоритма:

- а) объединить тексты всех твитов и тексты всех новостей — (для новости текст это конкатенация заголовка и краткого изложения);

- б) в качестве корпуса использовать объединение начальных форм всех слов, используемых в текстах, за вычетом списка стоп-слов (под списком стоп-слов подразумевается набор часто употребляемых слов языка, которые вне контекста не несут смысловой нагрузки, к примеру, предлоги);
- в) по множеству текстов и построенному корпусу построить TF-IDF матрицу;
- г) каждому тексту сопоставить столбец TF-IDF матрицы, соответствующий тексту (вектор для сравнения);
- д) рассматривая вектор для сравнения в качестве координат в метрическом пространстве, для каждого твита найти список наиболее похожих на него новостей.

В работе в качестве меры близости в метрическом пространстве используется косинусная мера близости — мера численно равная косинусу угла между векторами. В дальнейшем каждый раз, когда говорится о схожести или близости двух векторов, подразумевается близость согласно косинусной мере.

### **1.1.2 Обобщённый метод, сопоставляющий новостной статье высказывания из социальных медиа**

В рамках метода решается следующая задача: по новости необходимо найти высказывания в социальных сетях, которые на неё неявно ссылаются. Метод был предложен в статье [2]. Поставленная задача решается в три этапа:

- а) по заданной новостной статье формируется несколько моделей запросов, которые создаются как на основе структуры статьи, так и на основе явно связанных со статьей высказываний из социальных медиа.
- б) построенные модели используются для получения высказываний из индекса целевого социального медиа, результатом являются несколько ранжированных списков;
- в) полученные списки объединяются с использованием особой техники слияния данных.

Авторы также предлагают способ, созданный для борьбы с дрейфом запроса (порождение менее подходящего запроса), который возникает при большом объёме используемого текста. Способ основан на выборе дополнительных отличительных условий.

Для экспериментальной оценки используются данные из различных медиа, таких как Twitter, Digg, Delicious, the New York Times Community, Wikipedia, а так же из блогов.

В результате работы показано, что модели запросов, основанные на различных источниках данных, повышают точность выявления высказываний из социальных медиа; методы слияния ранжированных списков приводят к значительному повышению производительности в сравнении с другими подходами.



### 1.1.3 Связывание твитов с новостями на основе словарей соответствий

Метод связывания твитов с новостными статьями, основанный на словарях соответствий, предложен в статье [3]. *Словарь соответствий* — множество слов, которые встречаются только в твитах и, соответственно, не встречаются в новостях. Авторы предложили способ автоматического установление связи между множеством твитов и множеством новостей определённой темы. Темы извлекаются из новостей на основе методов тематического моделирования.

Значительную сложность при решении проблемы связывания твитов с новостями вызывают малый размер твита и различия в словарях: в твитах используются аббревиатуры, неформальный язык, сленг; в новостях, напротив, используется литературный язык. В частности, твиты могут вообще не нести смысловой нагрузки.

Твиттер предлагает хэштеги, как механизм для категоризации твитов. Но этот подход обладает рядом недостатков, таких как: не все записи содержат хэштеги, хэштег не содержит информацию о событии, хэштег сформулирован в слишком общей форме, твит содержит несколько хэштегов. Следовательно использование одних хэштегов приведёт к низкому качеству связывания твитов с новостями.

Для решения задачи и преодоления описанных выше проблем, авторами работы предлагается следующий подход:

- а) с помощью метода LDA из множества новостей извлекается набор тем (тема характеризуется распределением частот слов);
- б) каждой полученной теме сопоставляется множество наиболее близких к ней твитов;
- в) из полученных твитов извлекаются слова, которые дополняют характеристику рассматриваемой темы;
- г) полученные слова образуют словарь соответствий и служат «мостом» к другим твитам.

В результате работы продемонстрирован способ установления связей между множеством твитов и множеством новостей с использованием словарей соответствий.

### 1.1.4 Метод WTMF

Метод WTMF предназначен для определения семантической близости коротких текстов [4]. Этот метод учитывает отсутствующие в тексте слова в виде признаков короткого текста. Под отсутствующими словами подразумеваются все слова из корпуса, составленного из всех текстов, за исключением слов из рассматриваемого короткого текста, то есть отсутствующие слова можно трактовать как негативный сигнал.

Работа метода WTMF основана на разложении TF-IDF матрицы  $X$  в произведение двух матриц  $P$  и  $Q$ :

$$X \sim P^T Q. \quad (1)$$

На рисунке 1 показано как матрица  $X$  приближается произведением двух матриц  $P^T$  размера  $M \times K$  и  $Q$  размера  $K \times N$ .

Рисунок 1 — Разложение TF-IDF матрицы ( $X$ ) на произведение матриц  $P$  и  $Q$

Каждый текст  $s_j$  представлен в виде вектора  $Q_{\cdot,j}$  размерности  $K$ , каждое слово  $w_i$  представлено в виде вектор  $P_{i,\cdot}$ . Если  $X_{ij} = (P_{i,\cdot}, Q_{\cdot,j})$  близко к нулю, то это трактуется как отсутствующее слово.

Задачей метода является минимизация целевой функции ( $\lambda$  - регуляризирующий член, матрица  $W$  определяет вес элементов матрицы  $X$ ):

$$\sum_i \sum_j W_{ij} (P_{i,\cdot} \cdot Q_{\cdot,j} - X_{ij})^2 + \lambda \|P\|_2^2 + \lambda \|Q\|_2^2. \quad (2)$$

Для получения векторов  $P_{i,\cdot}$  и  $Q_{\cdot,j}$  используется алгоритм описанный в статье [6]. Сначала  $P$  и  $Q$  инициализируются случайными числами. Затем запускается итеративный пересчёт  $P$  и  $Q$  по следующим формулам (эффективный способ расчёта описан в [5]):

$$P_{i,\cdot} = (QW'_iQ^T + \lambda I)^{-1}QW'_iX_{i,\cdot}^T, \quad (3)$$

$$Q_{\cdot,j} = (PW'_jP^T + \lambda I)^{-1}PW'_jX_{\cdot,j}. \quad (4)$$

Здесь  $W'_i = \text{diag}(W_{i,\cdot})$  - диагональная матрица полученная из  $i$ -ой строчки матрицы  $W$ , аналогично  $W'_j = \text{diag}(W_{\cdot,j})$  - диагональная матрица полученная из  $j$ -ого столбца матрицы  $W$ . Матрица  $W$  определяется следующим образом:

$$W_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } X_{ij} \neq 0, \\ w_m, & \text{otherwise.} \end{cases},$$

где  $w_m$  положительно и  $w_m \ll 1$ .

Столбцы построенной матрицы  $Q$  представляют собой вектора для сравнения текстов между собой. Тексту, на основе которого построена  $i$ -я строка TF-IDF матрицы  $X$ , в соответствие ставится  $i$ -й столбец матрицы  $Q$ .

В статье предложен подход для поиска семантической близости текстов, который на небольших текстах работает лучше чем подход, основанный на частотности слов.

### 1.1.5 Метод WTMF-G

Метод WTMF-G решает задачу установления связей между твитами и новостными статьями, путём построения модели, которая учитывает неявные связи между текстами, предложен в статье [1].

Метод WTMF-G (WTMF on Graphs) представляет собой доработанный метод WTMF, позволяющий хорошо моделировать семантику коротких текстов, но не учитывающий некоторые специфичные для твитов и новостей характеристики, которыми обладает исходная выборка и которые взаимосвязаны с семантической близостью текстов:

- а) хештеги, которые являются прямым указанием на смысл твита;
- б) именованные сущности, которые с высокой точностью можно извлекать из новостей;
- в) информацию о времени публикации твитов и новостей.

Метод WTMF-G расширяет возможности метода WTMF, путём учёта взаимосвязи текстов на основе специфичных для твитов и новостных статей характеристик, то есть позволяет учесть информацию о взаимосвязи текст-текст.

Для решения задачи необходимо иметь эталонный набор данных, на котором будет производиться оценка качества полученного решения. Сначала за общий период времени собираются твиты и новости. Для твита помимо текста хранится информация о времени публикации и авторе работы. Для новости хранится время публикации, заголовки, краткое изложение и URL. На основе собранной информации строится набор данных, который состоит из трёх частей:

- а) множество новостей — все собранные новости;
- б) множество связей твит-новость, под связью подразумевается явное указание URL новости в тексте твита;
- в) множество твитов — все твиты, имеющие связь с одной из собранных новостей.

К построенному набору данных применяется метод WTMF-G — то есть метод WTMF, расширенный путём добавления связей текст-текст. Добавление связей текст-текст происходит путём модификации регуляризирующего члена  $\lambda$ . Для каждой пары связанных текстов  $j_1$  и  $j_2$ :

$$\lambda = \delta \cdot \left( \frac{Q_{\cdot, j_1} \cdot Q_{\cdot, j_2}}{|Q_{\cdot, j_1}| |Q_{\cdot, j_2}|} - 1 \right)^2, \quad (5)$$

коэффициент  $\delta$  задаёт степень влияния связей текст-текст.

Так как новый регуляризирующий член  $\lambda$  зависит от  $|Q_{\cdot, j}|$ , который меняется во время итерации, вводим упрощение: длина вектора  $Q_{\cdot, j}$  не изменяется во время итерации. Также необходимо модифицировать итеративный процесс построения матриц  $P$  и  $Q$  следующим образом:

$$P_{i, \cdot} = (QW_i'Q^T + \lambda I)^{-1}QW_i'X_{i, \cdot}^T, \quad (6)$$

$$Q_{\cdot, j} = (PW_j'P^T + \lambda I + \delta L_j^2 Q_{\cdot, n(j)} \text{diag}(L_{n(j)}^2) Q_{\cdot, n(j)}^T)^{-1} (PW_j'X_{j, \cdot}^T + \delta L_j Q_{\cdot, n(j)} L_{n(j)}). \quad (7)$$

В этих формулах  $n(j)$  — список связанных текстов с текстом  $j$ .  $Q_{\cdot, n(j)}$  — матрица, состоящая из связанных векторов для  $Q_{\cdot, j}$ .  $L_j$  — длина вектора  $Q_j$  на начало итерации,  $L_n(j)$  — вектор длин векторов связанных с  $j$ , то есть  $Q_{\cdot, n(j)}$ , полученный на начало итерации.

В статье показано, что добавление информации о взаимосвязи текст-текст позволяет повысить качество установления связей между твитами и новостными статьями. Качество метода WTMF-G, полученное с использованием метрики MRR (метрика описана в главе 6.1.1), в сравнении с такими популярными подходами как: TF-IDF, LDA, WTMF, показано в таблице 1. Из таблицы 1 видно, что алгоритм WTMF-G даёт лучшее качество, чем прочие подходы.

Таблица 1 — Значение метрики MRR для различных методов рекомендаций

Метод	TF-IDF	LDA	WTMF	WTMF-G
Значение MRR	0.4602	0.1313	0.4531	0.4791

## 1.2 Выбор подхода для решения задачи

В качестве основного подхода, на основе которого строится решение задачи по установлению связей между твитами и новостями, был выбран WTMF-G. Основной причиной подобного выбора является то, что большинство подходов учитывают только статистические зависимости вида текст-слово; метод WTMF-G, напротив, не ограничивается зависимостями текст-слово, а позволяет учесть взаимосвязь текст-текст, что, как ожидается, даст прирост качества в решении задачи установления связей.

Также, в рамках работы задача по установления связей между твитами и новостями решена классическим подходом для установления связей между текстами — определение схожести текстов на основе частотности употребления слов. Этот подход даёт хорошие результаты на больших текстах. Результаты этого метода помогут оценить влияние связей вида текст-текст в методе WTMF-G на качество полученного решения.

## 2 Постановка задачи

Задачей данной работы является автоматическое установление связей между твитами и новостными статьями. Это включает в себя как исследование с целью нахождения наилучшего метода для установления связей, так и написание программного обеспечения, которое позволит автоматизировано устанавливать связи между твитами и новостными статьями.

В разделе 1 проведено исследование существующих методов автоматического установления связей между сообщениями твиттера и новостными статьями, выбраны методы, на основе которых необходимо реализовать программный комплекс, позволяющий устанавливать связи между твитами и новостными статьями.

Для установления связей должен быть собран эталонный набор данных, которой состоит из множества твитов, новостей и связей между ними. Выбранный алгоритм WTMF-G накладывает ограничение на формат эталонного набора: для каждого твита существует связь с единственной новостью.

Решение задачи установления связей между твитами и новостными статьями в общем случае неоднозначно: как твиту может соответствовать несколько новостей, так и новостной статье может соответствовать несколько твитов. Отталкиваясь от существующего ограничения — твит связан с единственной новостью, получаем что для оценки качества установления связей хорошо подходят метрики, принятые в информационном поиске. Для использования подобных метрик будем рассматривать твит как запрос, в терминологии информационного поиска, а список новостей как ответ нашей системы установления связей. То есть для каждого твита мы получаем список новостей, ранжированный по мере убывания их схожести, в дальнейшем будем называть подобный список рекомендацией, а процесс установления связей построением рекомендаций.

Результатом работы является создание программного комплекса, который реализует такие методы машинного обучения как WTMF, WTMF-G, TF-IDF, позволяет для произвольного твита построить рекомендацию новостей с использованием любого из предложенных методов машинного обучения, а также способен оценить качество используемого метода машинного обучения.

## 3 Получение и разметка данных

Для работы с алгоритмами автоматического связывания твитов и новостей был построен набор данных, который состоит из четырёх частей:

- а) множество новостей — все собранные новости;
- б) множество связей твит-новость, под связью подразумевается пара твит-новость, где в твите говорится о описанной в статье новости;
- в) множество твитов — все твиты, имеющие связь с одной из собранных новостей;
- г) множество связей текст-текст.

Чтобы построить набор данных необходимо: собрать твиты и новости за длительный промежуток времени; преобразовать полученные данные; выявить (разметить) связи твит-новость; построить множество связей текст-текст.

### 3.1 Получение данных

Получение данных включает в себя не только скачивание информации (твиты и новости), но и выявление корректных источников данных. В рамках получения данных сделано:

- а) реализовано скачивание твитов и новостей из разных новостных источников;
- б) получены твиты за небольшой промежуток времени;
- в) расшифрованы сокращённые URL;
- г) определён список наиболее популярных новостных источников в твиттере;
- д) в течение длительного времени собраны данные как с твиттера, так и с новостных источников.

#### 3.1.1 Получение твитов

Для получения данных твиттера используется Twitter Streaming API — сервис, предоставляющий разработчикам возможность в реальном времени получить поток данных твиттера. С помощью Twitter Streaming API можно бесплатно получить 1% от всей публичной информации твиттера, она состоит из информации о публикации и удалении твитов.

Для работы с Twitter Streaming API на сайте <https://apps.twitter.com/> зарегистрировано новое приложение и получен набор секретных ключей, которые требуются для авторизации. Для упрощения работы с Twitter Streaming API использована библиотека tweepy, предоставляющая удобный интерфейс на языке Python.

Twitter Streaming API предоставляет данные в формате JSON (от англ. JavaScript Object Notation) — текстовый формат обмена данными, удобный для чтения человеком, первоначально создавался как формат для текстового описания и сериализации объектов языка программирования JavaScript.

В рамках работы использована информация о публикации твитов. Каждое событие о создании твита описывается с помощью большого количества параметров (несколько десятков), в работе использованы следующие:

- а) `created_at` — дата создания,
- б) `id` — уникальный идентификатор,
- в) `retweeted_status` — существует, только если твит является ретвитом, содержит информацию о ретвитнутом твите,
- г) `lang` — язык,
- д) `entities` — информация о хэштегах и ссылках, которые упоминаются в твите,
- е) `text` — текст твита.

Каждое событие о создании твита обрабатывается. Результатом обработки является структура данных, в которой содержится вся необходимая информация о созданном твите. Обработка происходит следующим образом:

- а) Если твит не на русском языке, он отбрасывается.
- б) Если твит является ретвитом, то взводится специальный флажок и дальнейшая работа происходит с исходным ретвитнутым твитом. Это делается для того, чтобы получить полноценный текст исходного твита.
- в) Из поля `entities` извлекается информация о хэштегах и ссылках, встречаемых в твите.

Вся полученная информация помещена в хранилище твитов. Хранилище твитов реализованно с использованием Python библиотеки `shelve`.

### 3.1.2 Получение новостных статей

Получение новостных статей происходит через RSS потоки — специальное API, предоставляемое интернет ресурсами и позволяющее получать информацию в формате RSS. *RSS* — семейство XML-форматов, предназначенных для описания лент новостей, анонсов статей, изменений в блогах и т.п. Формат RSS выбран ввиду его поддержки всеми популярными новостными источниками. Для работы с RSS потоками использована Python библиотека `feedparser`, позволяющая скачивать и анализировать данные в формате RSS.

RSS поток представляет собой периодически обновляемый список статей. Каждая статья обладает множеством параметров, в работе использованы следующие:

- а) `published` — дата создания,
- б) `summary` — краткое изложение новостной статьи,
- в) `link` — URL, который ведёт на описываемую новостную статью.,
- г) `title` — заголовок новостной статьи,

Скачивание RSS потоков происходит следующим образом: периодически получается актуальное состояние всех RSS потоков, из них вычленяются все новые статьи, которые пре-

добрабатываются и добавляются в хранилище новостей. Хранилище новостей реализованно с использованием Python библиотеки `shelve`.

### 3.1.3 Расшифровка сокращённых URL

*Сокращение URL* — это сервис, предоставляемый разными компаниями, заключающийся в создании дополнительного, в общем случае более короткого URL, введущего на искомый адрес. Обычно применяется с целью экономии длины сообщения или для предотвращения непреднамеренно искажения URL. В общем случае механизм сокращений реализуется путём переадресации короткого URL на искомый.

В твиттере все ссылки автоматически сокращаются с помощью сервиса `t.co`. Также многие ссылки добавляются в твиттер уже сокращёнными через сторонние сервисы. Для построения тестового набора данных в рамках автоматического выявления связей между твитами и новостями необходимо по сокращённому URL получать исходный.

*Расшифровка сокращённых URL* — процесс получения по сокращённому URL исходного адреса. На практике часто встречается применение сокращения URL каскадом: сокращение уже сокращённого URL, в таком случае расшифровка заключается в получении исходного URL, который не является сокращённой ссылкой. Можно трактовать задачу расшифровки следующим образом: необходимо получить URL адрес на котором завершится процесс переадресации.

Рассматриваемая задача требует обработки большого количества твитов и следовательно большого количества расшифровок сокращённых URL (в главе 3.2 получено, что количество ссылок, требуемых для анализа превышает  $10^5$ ). Поэтому возникает требование к повышенной эффективности решения.

В качестве базового решения используется стандартный API языка Python, позволяющий получить содержимое веб-страницы по URL, а следовательно адрес целевой страницы на которую вела сокращённая ссылка. Случаи в которых исходный URL не был получен, будем называть ошибочными. Базовое решение было оптимизировано следующим образом:

- а) Работа только с заголовками ответа. Это позволило снизить количество данных пересылаемых по сети. Работа с заголовками требует логики для принятия решения об остановке — то есть выявления искомого URL.
- б) Использование многопоточности. Так как большую часть времени код, получающий заголовки страницы ждёт ответа сервера, то асинхронность позволила значительно увеличить быстродействие.
- в) Использование «воронки» данных. При увеличении количества потоков стало появляться большее количество ошибок, ввиду того, что загруженность интернет-канала повышает время ответа `http`-запросов. Для их снижения был выбран подход «воронки» данных с последующей коррекцией ошибок. Данный подход на первом этапе обрабатывает все



ссылки в  $N$  потоков, на втором этапе все ошибочные ссылки полученные на первом обрабатываются в  $\frac{N}{10}$  потоков и так далее, вплоть до 1 потока на итерацию.

### 3.1.4 Выявление источников новостей

Задача выявления источников новостей требует статистического исследования ссылок, которые встречаются в твитах. Для определения ссылок ведущих на новостные источники из всех URL извлекалось полное доменное имя (в дальнейшем доменное имя). Также стоит отметить, что новостные агрегаторы (к примеру Яндекс-новости, Рамблер-новости) не рассматривались ввиду того, что они агрегируют очень большое количество новостных статей с множества разнородных источников. То есть информацию с новостных агрегаторов очень сложно собрать и в дальнейшем дорого обрабатывать.

Для грубой оценки использована выборка 1, содержащая 35704 твитов, 13670 ссылок, 12510 уникальных ссылок. Статистика по 20 наиболее часто встречаемым доменным именам в выборке 1 представлена в таблице 2.

Таблица 2 — 20 наиболее популярных доменных имён в выборке 1 (всего 12510 уникальных ссылок)

Доменное имя	Количество ссылок	Процент от общего числа ссылок	Новостной источник
twitter.com	3521	25.76	нет
www.facebook.com	1418	10.37	нет
t.co	405	2.96	нет
www.youtube.com	315	2.30	нет
news.yandex.ru	239	1.75	нет
su.epeak.in	214	1.57	нет
www.instagram.com	198	1.45	нет
www.periscope.tv	191	1.40	нет
l.ask.fm	121	0.89	нет
lifenews.ru	109	0.80	да
ria.ru	108	0.79	да
vk.com	93	0.68	нет
news.7crime.com	82	0.60	нет
lenta.ru	74	0.54	да
russian.rt.com	61	0.45	да
linkis.com	57	0.42	нет
www.gazeta.ru	53	0.39	да
tass.ru	43	0.31	да
www.swarmapp.com	42	0.31	нет
pi2.17bullets.com	36	0.26	нет

Как видно из таблицы 2 популярные новостные агентства составляют лишь малую долю от общего количества используемых ссылок (3.3%). Для получения более точной количественной информации за неделю собрана выборка 2, содержащая 341863 твитов, 134945 ссылок, 115940 уникальных ссылок. Статистика по 20 наиболее часто используемым доменным именам в выборке 2 представлена в таблице 3.

Таблица 3 — 20 наиболее популярных доменных имён в выборке 2 (всего 115940 уникальных ссылок)

Доменное имя	Количество ссылок	Процент от общего числа ссылок	Новостной источник
twitter.com	36807	31.75	нет
apps.facebook.com	6234	5.38	нет
www.youtube.com	3659	3.16	нет
m.vk.com	2400	2.07	нет
www.periscope.tv	2215	1.91	нет
news.yandex.ru	2041	1.76	нет
www.instagram.com	1798	1.55	нет
su.epeak.in	1624	1.4	нет
www.facebook.com	1406	1.21	нет
lifenews.ru	888	0.77	да
ria.ru	863	0.74	да
l.ask.fm	803	0.69	нет
vk.com	696	0.6	нет
lenta.ru	647	0.56	да
pi2.17bullets.com	577	0.5	нет
news.7crime.com	567	0.49	нет
russian.rt.com	564	0.49	да
www.gazeta.ru	523	0.45	да
linkis.com	485	0.42	нет
ask.fm	430	0.37	нет

Как видно из таблицы 3 среди твитов, собранных на довольно большом промежутке времени (неделя), популярные новостные источники составляют лишь малую долю от общего числа употребляемых ссылок (3%).

В работе одновременно использовано 5 наиболее популярных новостных источников, а именно: [ria.ru](http://ria.ru), [lifenews.ru](http://lifenews.ru), [lenta.ru](http://lenta.ru), [russian.rt.com](http://russian.rt.com), [www.gazeta.ru](http://www.gazeta.ru).

## 3.2 Описание собранных данных

Набор данных сформирован на основе заранее собранной и подготовленной информации. Для формирования набора данных использовалась информация собранная с 06.04.2016 по 17.04.2016. Было получено множество, основные характеристики которого приведены в таблице 4.

Таблица 4 — Сводная характеристика по собранному множеству твитов и новостей за период с 06.04.2016 по 17.04.2016

Метрика	Значение
Количество твитов	495552
Количество новостей	13711
Количество твитов, содержащих ссылку	150510
Количество уникальных ссылок, встречаемых в твитах	101017
Количество твитов, содержащих ссылку на новости из рассматриваемых новостных источников	4324
Количество уникальных ссылок на новости из рассматриваемых новостных источников	2979

В дальнейшем под собранными данными будет подразумеваться описанное в таблице 4 множество.

## 3.3 Разметка наборов данных

Для построения требуемого в работе набора данных необходимо найти множество связей твит-новость. Процесс поиска связей твит-новость называется *разметкой набора данных*. В работе использовано два способа разметки:

- а) автоматическая разметка набора данных;
- б) ручная разметка набора данных.

В результате разметки получено большое количество пар твит-новость, в которых твит, практически полностью совпадает с заголовком новости. В дальнейшем, для удобства обозначение подобных пар, будем называть связь твит-новость *тривиальной*, если в заголовке статьи встречается менее половины слов из твита.

### 3.3.1 Автоматическая разметка набора данных

Автоматически построенный набор данных состоит из всех собранных новостей и твитов, которые содержат ссылку на одну из собранных новостей. Автоматически разметив полученную

информация, получили множество состоящее из 4324 твитов, 13711 новостей, а также 4324 связей между ними.

Полученный набор данных был проанализирован, с целью выявления количества нетривиальных связей. Для каждого твита был взят его текст, для каждой новости — заголовок. Все полученные тексты поэтапно преобразованы согласно алгоритму, который сопоставляет тексту множество слов и состоит из следующей последовательности действий:

- а) текст конвертируется в формат unicode;
- б) текст разбивается на токены;
- в) полученное множество токенов очищается от токенов, не являющихся словами;
- г) из множества удаляются все слова входящие в словарь стопслов;
- д) из множества удаляются все дубли.

На основе подготовленных данных для каждой пары твит, связанная с твитом новость измерялось две метрики: длина пересечения слов твита и слов новости, нормализованная по длине новости; количество слов в твите, которые не встречаются в новости.

На рисунке 2 изображена зависимость количества пар твит-новость от длины пересечения слов твита и слов новости, нормализованной по длине новости. Как видно из рисунка 2

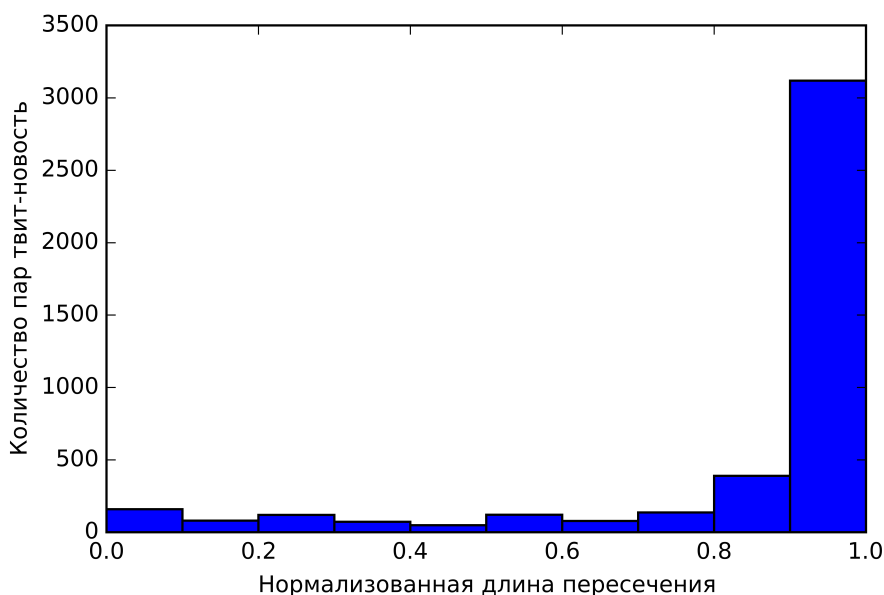


Рисунок 2 — Зависимость количества пар твит-новости от нормализованной длины пересечения множеств слов (автоматически размеченный набор данных)

слова в подавляющем большинстве твитов полностью совпадают со словами в соответствующей новости. Среди 4324 пар твит-новость в 3082 парах твит полностью совпадает с заголовком новости. Остаётся 1242 пар, которые не являются просто копией заголовка, среди этих пар нас интересуют те, в которых твит не является обрезанной частью заголовка статьи.

Для выявления количества пар, где твит содержит информацию не содержащуюся в заголовке статьи посмотрим на зависимость количества пар твит-новость от процента уникальных слов в твите, эта зависимость изображена на рисунке 3. Как видно из рисунка 3 количество

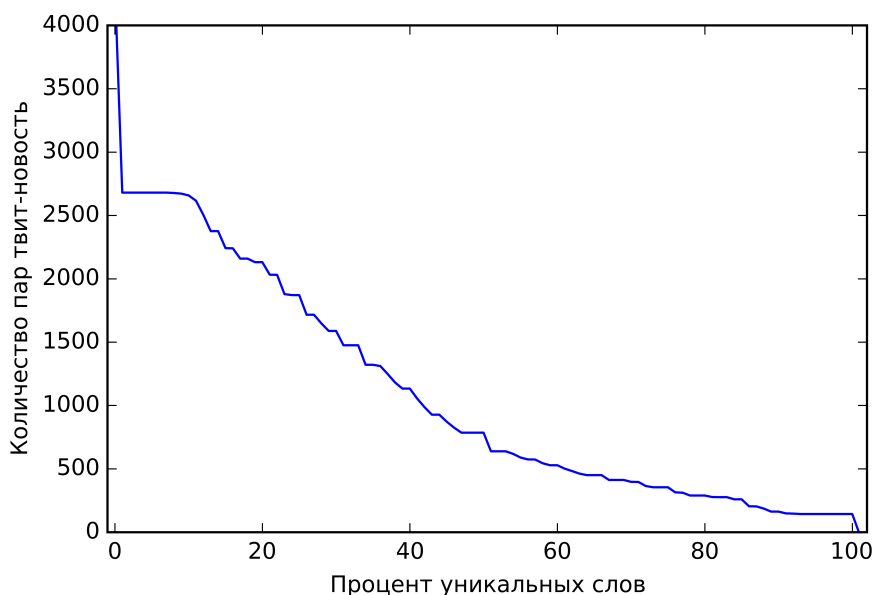


Рисунок 3 — Зависимость количества пар твит-новости от процента уникальных слов в твите (автоматически размеченный набор данных)

пар твит-новость, образующих нетривиальную связь, достаточно мало.

На основе исследования зависимости можно получить грубую оценку количества нетривиальных связей. В исследуемом наборе данных таких связей порядка 500-1000, что очень мало и составляет примерно 12-23% от общего числа пар.

### 3.3.2 Ручная разметка набор данных

Для получения большего количества нетривиальных пар твит-новость была предпринята ручная разметка набора данных. Для ручной разметки были подготовлены данные. Основные этапы подготовки данных:

- а) на основе множества новостей строится список именованных сущностей  $L$ ;
- б) случайным образом берётся подмножество  $T$  множества твитов;
- в) из полученного множества  $T$  удаляются все твиты, которые удовлетворяют следующим правилам:
  - 1) твит является ретвитом,
  - 2) твит содержит ссылку на URL с плохим доменным именем (под *плохим доменным именем* подразумевается доменное имя, которое достаточно популярно и не ведёт

на новостной источник, в работе использовался следующий список плохих доменных имён: `apps.facebook.com`, `ask.fm`, `twitter.com`, `apps.facebook.com`, `www.instagram.com`, `vk.cc`),

3) в приведённом к нормальной форме (определение нормальной формы находится в главе 4.2) тексте твита содержится менее 2 слов из списка именованных сущностей  $L$ ;

г) с помощью метода определения схожести текстов на основе частотности употребления слов каждому твиту сопоставляется 10 наиболее схожих с ним новостей.

В качестве результата предподготовки получили множество пар твит-ранжированный список новостей.

Предподготовленные данные были размечены. Разметка заключается в записи для каждого твита специальной отметки рядом с наиболее подходящей новостью из предложенного списка. Для каждого твита отмечалась только одна, наиболее подходящая новость, или не отмечалось ни одной.

Было сформировано множество из 7373 пар твит-ранжированный список новостей. В нём было выявлено 1600 связей твит-новость. На основе размеченных вручную данных построен набор данных, состоящий из 1600 твитов, 13711 новостей, а также 1600 связей между ними.

Для сравнения вручную построенного набора данных с набором данных, полученным автоматически, были построены две зависимости — зависимость количества пар твит-новость от длины пересечения слов твита и слов новости и зависимость количества пар твит-новости от процента уникальных слов в твите. На рисунке 4 изображена зависимость количества пар твит-новость от длины пересечения слов твита и слов новости, нормализованная по длине новости. Как видно из рисунка 4 было получено распределение намного более близкое к равномерному, чем в случае автоматически размеченного набора данных.

На рисунке 5 изображена зависимость количества пар твит-новость от процента уникальных слов в твите. Как видно из рисунка 5 количество твитов более с чем половиной уникальных слов сравнимо с аналогичным количеством в автоматически размеченном наборе данных, несмотря на то, что автоматически размеченный набор данных почти в три раза больше, чем вручную размеченный набор данных. Количественные значения полученных метрик приведены в таблице 5.

Как видно из таблицы 5 вручную собранный набор данных намного более качественный, чем автоматический. Но как в ручном, так и в автоматическом наборе данных содержится очень мало нетривиальных связей твит-новость (в сравнении с количеством новостей).

### 3.4 Построение связей текст-текст

Построение связей текст-текст предполагает поиск потенциально семантически близких текстов. При построении связей текст-текст было использовано три способа:

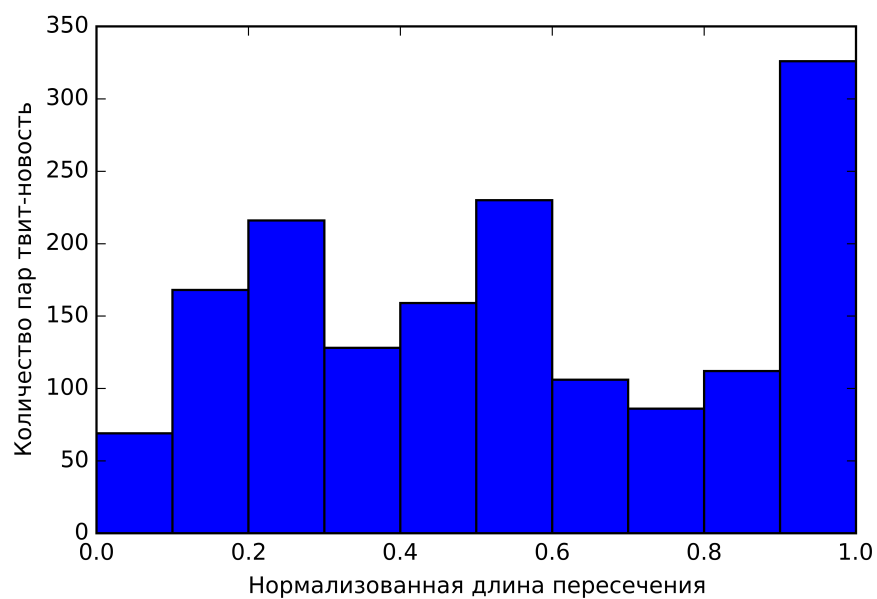


Рисунок 4 — Зависимость количества пар твит-новости от нормализованной длины пересечения множеств слов (вручную размеченный набор данных)

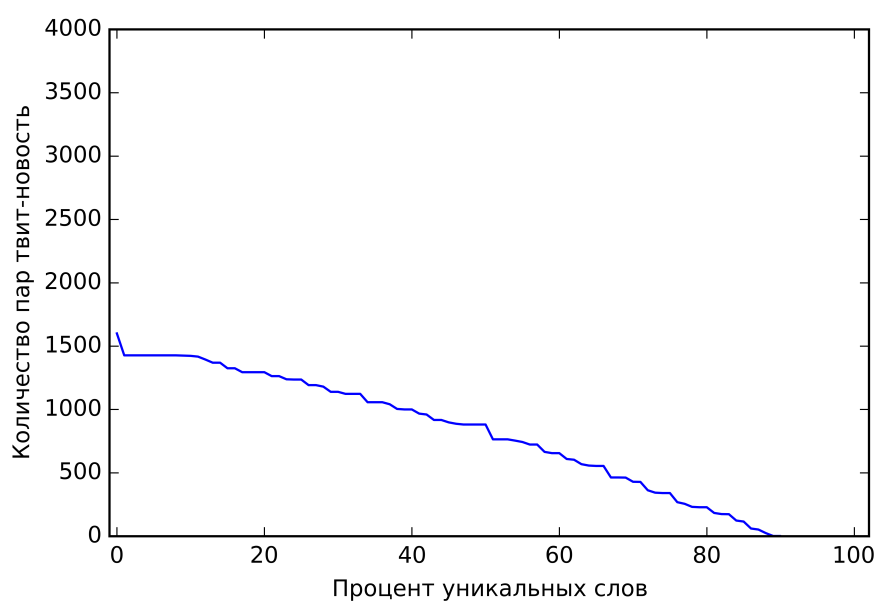


Рисунок 5 — Зависимость количества пар твит-новости от процента уникальных слов в твите (вручную размеченный набор данных)

- а) построение связей на основе общих хэштегов,
- б) построение связей на основе общих именованных сущностей,
- в) построение связей на основе близости по времени.

Связь твитов с помощью хэштегов выполнена следующим образом: из твитов извлека-

Таблица 5 — Сравнение количества твитов

Метрика	Автоматически размеченный набор данных	Вручную размеченный набор данных
Количество связей	4324	1600
Количество нетривиальных связей	746	976
Процент нетривиальных связей от общего числа связей (%)	17.25	61.00

ются все хэштеги; затем в хэштеги превращаются все слова во всех твитах, которые совпали с ранее извлечёнными хэштегами; для каждого твита и для каждого хэштега извлекается  $k$  твитов, которые содержат этот хэштег; если хэштег появлялся в более чем  $k$  твитах, то берём  $k$  твитов наиболее близких во времени к исходному;

Связь твитов с помощью именованных сущностей выполнена следующим образом: сначала к краткому изложению новостей применяются методы извлечения именованных сущностей, затем для каждого твита, содержащего именованную сущность, извлекается  $k$  твитов, которые содержат эту же именованную сущность, и наконец если именованная сущность содержалась более чем в  $k$  твитах, то берётся  $k$  твитов наиболее близких во времени к исходному;

Связь твитов и новостей на основе близости по времени производилась наиболее просто: для каждого твита (новости) взяты  $k$  связей с наиболее схожими твитами (новостями) в окрестности 24 часов.

Построение связей текст-текст было реализовано для  $k = 10$ . С целью ограничения числа ошибочных связей использовался набор эвристических ограничений:

- слишком популярные хэштеги удаляются (слишком популярным считаем хэштег, который встретился более чем в 10 твитах из обучающей выборки);
- твиты считаются связанными, если содержат не менее 2 общих хэштегов или именованных сущностей;
- связь не устанавливается если тексты слишком похожи (если косинусная мера близости текстов больше 0.99);
- в случае установления связей на основе времени публикации и схожести текстов, слишком не похожие тексты отбрасываются (слишком не похожие тексты это тексты с мерой близости меньше чем 0.3).

### 3.5 Сформированные наборы данных

На основе собранной информации было сформировано несколько базовых эталонных наборов, а именно:



- а) auto — автоматически размеченный набор данных;
- б) manual — вручную размеченный набор данных;
- в) total — набор данных состоящий из объединения всех размеченных связей (то есть объединение auto и manual);
- г) cutted — набор данных, основанный на наборе total, в котором количество новостей сравнимо с количеством твитов (набор данных создавался с целью изучения влияния соотношения количества новостей и твитов на качество установления связей).

Также рассматриваются эталонные наборы данных без тривиальных связей, подобный набор образуется путём удаления из базового эталонного набора твитов, образующих тривиальную связь. Обозначим эталонные наборы данных с удалёнными тривиальными связями как auto\_nt, manual\_nt, total\_nt и cutted\_nt, полученные путём удаления тривиальных связей из базовых эталонных наборов auto, manual, total и cutted, соответственно.

Ключевая информация характеризующая построенные эталонные наборы представлена в таблице 6.

Таблица 6 — Сводная таблица по эталонным наборам данных

Набор данных	Количество твитов	Количество новостей
manual	1600	13711
auto	4324	13711
total	5798	13711
cutted	5798	6011
manual_nt	976	13711
auto_nt	746	13711
total_nt	1709	13711
cutted_nt	1709	6011

## 4 Установления взаимосвязей между новостями и твитами

Задача автоматического установления связей между твитами и новостями решена посредством написания программного комплекса, который обладает следующими возможностями:

- а) сбор необходимой для решения задачи информации;
- б) получение рекомендаций новостей для произвольных твитов;
- в) вариативность в выборе метода для построения рекомендаций;
- г) возможность получить информацию о качестве используемого метода.

Поставленная задача достигается за счёт реализации отдельных преобразований над данными в рамках написанного программного комплекса с использованием языка программирования Python версии 2.7. Далее приводится описание реализованных преобразований и подробный разбор отдельных моментов.

### 4.1 Архитектура

Программный комплекс позволяет производить все требуемые для решения задачи преобразования над данными, а именно:

- а) получение данных из твиттера;
- б) получение данных из новостной rss-ленты;
- в) расшифровка сокращённых URL;
- г) автоматическое построение набора данных;
- д) построение моделей для методов WTMF и WTMF-G;
- е) построение рекомендаций на основе методов WTMF, WTMF-G и TF-IDF;
- ж) оценка качества рекомендаций;
- з) получение результатов рекомендаций в пригодном для чтения формате;

Каждое преобразование, в общем случае, независимо от других. Для построения рекомендаций, необходимо выполнить цепочку преобразований. Примеры цепочек преобразований для получения данных, построения рекомендаций и оценки их качества приводятся ниже.

Визуализация цепочек преобразований производится при помощи рисунков, использующих элементы блок-схем [11]. Для удобства восприятия блоки действия (изображаются прямоугольником) выделяются зелёным цветом, а прочие используемые блоки, такие как ввод-вывод данных (изображаются параллелограммом) и хранимые данные (изображаются фигурой, представляющей собой прямоугольник, в котором две противоположные стороны заменены на две одинаковые и параллельные кривые, совпадающие с секцией окружности), выделяются синим цветом.

Получение данных заключается в скачивании новостей из RSS потоков и твитов, с использованием Twitter Streaming API, в течение длительного промежутка времени, с последующим помещением всех данных в промежуточное хранилище. В работе в качестве хранилища выступает python shelve. Получение данных в виде блок-схемы изображен на рисунке 6.

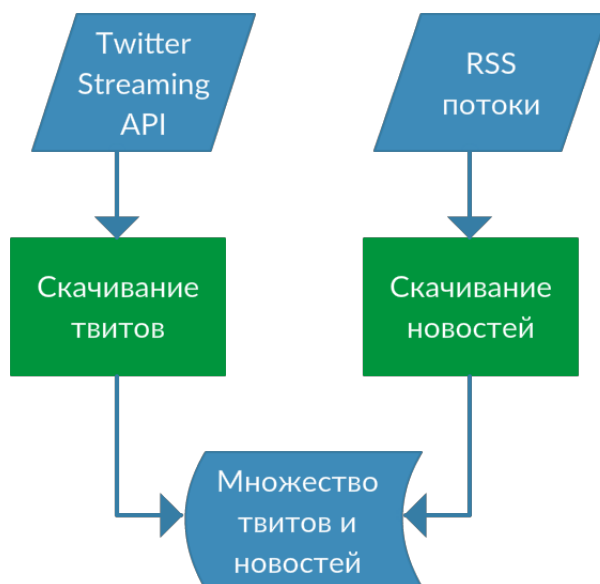


Рисунок 6 — Блок-схема получения данных

На основе полученного множества новостей и твитов происходит автоматическое построение набора данных. В рамках автоматического построения набора данных происходит расшифровка сокращённых URL. Набор данных эта структура состоящая из списка новостей и списка твитов, где для каждого твита указана ссылка на единственную новость.

Результатом работы всех реализованных методов является сопоставление численных векторов (векторов для сравнения) каждому обрабатываемому тексту, с помощью которых можно оценить насколько похожи любые два текста.

Метод TF-IDF не имеет стадии обучения модели, поэтому применяется непосредственно к набору данных и получает вектора для сравнения, для всех текстов, которые были переданы ему на вход. Получаемые векторы обладают размерностью совпадающей с размером корпуса.

В отличие от метода TF-IDF методы WTMF и WTMF-G состоят из двух стадий: обучения и применения модели. На стадии обучения методы строят модель (в сериализованной модели помимо самой модели содержится набор данных, на основе которого была построена модель) и получают вектора для сравнения для всех элементов набора данных. На стадии применения методы WTMF и WTMF-G на основе ранее построенной модели для произвольного множества твитов строят векторы для сравнения полученных на вход твитов и новостей из набора данных.

На основе множества, состоящего из твитов и новостей, для каждого элемента в котором

существует вектор для сравнения, строятся рекомендации. Рекомендации представляют собой множество твитов, к каждому из которых сопоставлен ранжированный по мере убывания схожести список новостей.

На основе построенных рекомендаций можно как произвести оценку качества ранее использованного метода, так и получить их в виде текстового файла, который содержит информацию в пригодном для чтения формате. Оценка качества использованного метода производится при условии построения рекомендаций для набора данных.

Процесс оценки качества различных методов рекомендаций, а также получение рекомендаций для твитов из набора данных изображён на рисунке 7.

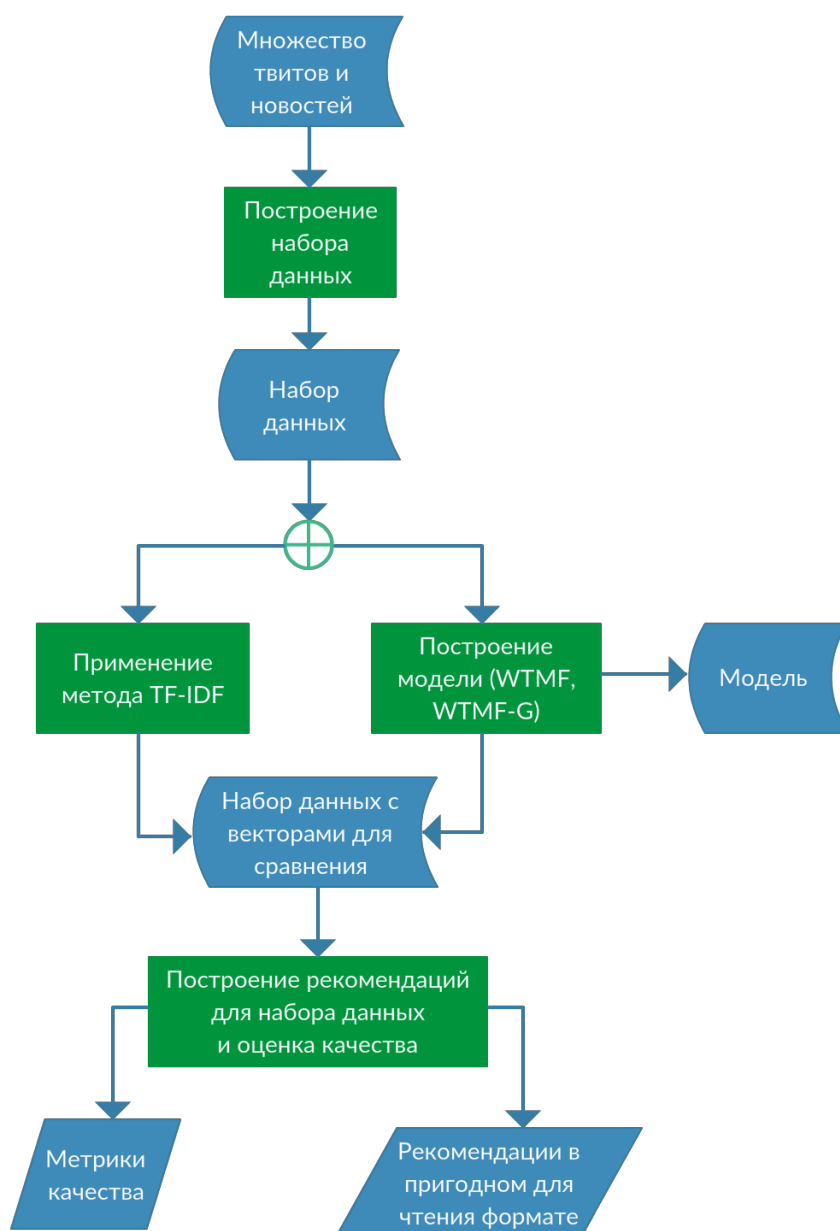


Рисунок 7 — Блок-схема процесса оценки качества используемых методов

Дополнительным результатом изображённого на рисунке 7 процесса является построенная модель (для методов WTMF и WTMF-G), которую можно применить на произвольное множество твитов. Процесс получения рекомендаций для произвольных твитов изображён на рисунке 8.

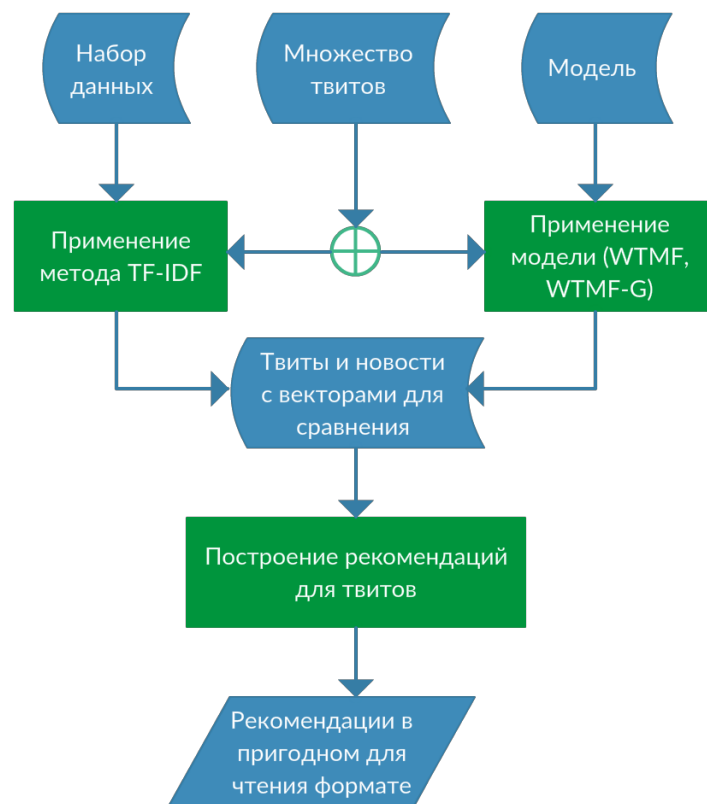


Рисунок 8 — Блок-схема процесса получения рекомендаций для различных методов

## 4.2 Обработка естественного языка

Работа посвящена поиску семантической близости текстов, поэтому в ней имеет место использование решений таких задач обработки естественного языка, как:

- а) токенизация — разбиение предложения на слова;
- б) лемматизация — процесс приведения словоформы к лемме;
- в) извлечение именованных сущностей.

Описанные выше задачи решены с использованием набора сторонних библиотек для языка Python, а именно: `nlk` — платформа, для написания приложений на языке Python, обрабатывающих естественный язык; `rumorphy2` — морфологический анализатор; `polyglot` — библиотека, позволяющая извлекать именованные сущности из текстов на разных языках.

Для решения задачи токенизации используется стандартный токенизатор, реализованный в `nlk`. Задача лемматизации решается в случае русского языка с помощью морфологического анализатора `rumorphy2`, в случае английского языка с помощью морфологического анализатора `WordNet`, реализованного в `nlk`.

Извлечение именованных сущностей происходит с помощью библиотеки `polyglot`. В используемой библиотеке реализуется выявление именованных сущностей на основе заранее сформированного и размеченного корпуса именованных сущностей. Корпус формируется на основе данных из Википедии.

В работе используется понятие нормальной формы текста, под ним подразумевается текст преобразованный по следующему алгоритму:

- а) текст токенизирован;
- б) в полученном множестве токенов, оставлены только слова;
- в) каждое полученное слово отображено в свою лемму (лемматизировано);
- г) все слова входящие в список стоп-слов, удалены;
- д) оставшиеся слова объединены в одну строку через пробел.

Полученная в результате работы алгоритма строка и является нормальной формой текста.

## 4.3 Метод WTMF

Модель для метода WTMF построена на основе заранее подготовленного набора данных. В контексте работы набор данных состоит из множества новостей и твитов. В процессе работы методы WTMF из набора данных извлекается множество текстов (для твита — текст твита, для новости — конкатенация заголовка и краткого изложения статьи). Каждый из полученных текстов отображается в нормальную форму текста.

По множеству текстов, которые получены из набора данных, построена модель, пригодная для сериализации, состоящая из матрицы  $P$  (здесь и далее используются обозначения введённые в главе 1.1.4). Построение модели зависит от четырёх констант:

- а)  $K$  — размерность вектора, по которому производится сравнение (если TF-IDF матрица  $X$  была размера  $M \times N$ , то по завершении работы алгоритма будут получены две матрицы  $P$  размера  $K \times M$  и  $Q$  размера  $K \times N$ );
- б)  $I$  — число итераций алгоритма построения модели;
- в)  $w_M$  — коэффициент, задающий вес негативного сигнала при построении матрицы весов  $W$ ;
- г)  $\lambda$  — регуляризирующий член.

Применение полученной модели на множество твитов представляет собой следующий процесс: сначала строится TF-IDF матрица  $X$  для новостей из набора данных и множества твитов, затем на основе новой матрицы  $X$  строится весовая матрица  $W$ , и наконец на основе построенных матриц  $X$  и  $W$  и посчитанной на этапе обучения матрицы  $P$  выполняется половина итерации алгоритма обучения, а именно получение матрицы  $Q$  по матрице  $P$ :

$$Q_{:,j} = (PW_j'P^T + \lambda I)^{-1}PW_j'X_{j,:}. \quad (8)$$

В результате получаем вектора для сравнения твитов из заданного множества.

## 4.4 Метод WTMF-G

Построение модели для метода WTMF-G основывается на построение модели метода WTMF. Набор данных состоит из множества новостей и твитов и связей вида текст-текст, из которых, в процессе работы извлекается множество текстов (аналогично извлечению множества текстов в методе WTMF).

По множеству текстов, которые получены из набора данных, построена пригодная для сериализации модель, представляющая собой матрицу  $P$ . Построение модели зависит от четырёх констант:

- а)  $K$  — размерность вектора, по которому производится сравнение (если TF-IDF матрица  $X$  была размера  $M \times N$ , то по завершении работы алгоритма будут получены две матрицы  $P$  размера  $K \times M$  и  $Q$  размера  $K \times N$ );
- б)  $I$  — число итераций алгоритма построения модели;
- в)  $w_M$  — коэффициент, задающий вес негативного сигнала при построении матрицы весов  $W$ ;
- г)  $\delta$  — коэффициент, задающий степень влияния связей вида текст-текст.

Применение полученной модели на множество твитов производится аналогично применению модели для метода WTMF за исключением двух изменений: во-первых, необходимо на основе новостей из набора данных и множества твитов перестроить связи текст-текст, во-вторых

получение матрицы  $Q$  происходит по следующей формуле:

$$Q_{:,j} = (PW_j'P^T + \lambda I + \delta L_j^2 Q_{:,n(j)} \text{diag}(L_{n(j)}^2) Q_{:,n(j)}^T)^{-1} (PW_j'X_{j,\cdot} + \delta L_j Q_{:,n(j)} L_{n(j)}). \quad (9)$$

В результате получаем вектора для сравнения твитов из заданного множества.

## 4.5 Эффективная работа с матрицами

Построение и применение моделей WTMF и WTMF-G требует большого количества операций над матрицами, что на практике занимает продолжительное время. Поэтому актуальна задача по повышению эффективности работы с матрицами.

Для эффективной работы с матрицами используются программные библиотеки для языка Python `numru` и `scipy` (базируется на библиотеке `numru` и расширяет её функционал).

Повышение производительности при работе с матрицами производится на примере оптимизации времени расчёта формулы получения строк матрицы  $P$ , которая используется при построении моделей WTMF и WTMF-G. На каждой итерации построения модели происходит многократное выполнение формулы (число выполнений порядка  $10^4$ , зависит от размера корпуса):

$$P_{i,\cdot} = (QW_i'Q^T + \lambda I)^{-1} QW_i'X_{i,\cdot}^T. \quad (10)$$

В начале была написана наивная реализация алгоритма, которая показала производительность, не приемлемую в рамках решения задачи. Полученная производительность была признана неприемлемой, так как построение простейших моделей занимало более суток. Затем наивная реализация оптимизировалась следующим образом:

- а) переход к перемножению матриц с использованием высокопроизводительной библиотеки для языка C `OpenBlass` (в библиотеке `numru` существует возможность перейти к использованию для работы с матрицами некоторых библиотек, написанных на языке C [7]);
- б) сохранение в отдельной переменной переиспользуемых результатов вычислений над матрицами;
- в) переход на работу с разреженными матрицами;
- г) сокращения числа приведений типов матриц.

Результаты оптимизации приведены в таблице 7.

Получили, что оптимизированное решение работает в 325 раз быстрее наивной реализации. Дальнейшая оптимизация не производилась, так как получено решение работающее за приемлемое время.



Таблица 7 — Оптимизация работы с матрицами

<b>Добавленная оптимизация</b>	<b>Время за 100 итераций (с)</b>	<b>Прирост производительности (раз)</b>
Наивная реализация	205	1
Перемножение с помощью OpenBlass	55	3.73
Переиспользование ре- зультатов	15.15	3.63
Работа с разреженными матрицами	0.75	20.2
Сокращение количества приведений типов	0.63	1.21

## 5 Руководство пользователя

Программный комплекс состоит из двух приложений, каждое из которых устанавливается и используется в отдельности.

- `twnews_consumer` — приложение, предназначенное для того, чтобы получать твиты с твиттера и новости с rss каналов.
- `twnews` — приложение, позволяющее по твитам и новостям, произвести все необходимые для автоматического построения рекомендаций преобразования данных и на основе полученных признаков произвести обучение и оценку модели.

Оба пакета ориентированы на работу в операционных системах семейства linux. Для начала работы необходимо получить содержимое git-репозитория: <https://github.com/art-vybor/twnews.git>, в котором расположены исходный код обоих приложений. Если установлен пакет git, то получение git-репозитория происходит с помощью следующей команды:

```
$ git clone https://github.com/art-vybor/twnews.git
```

Для сборки приложений необходимо иметь установленный менеджер пакетов языка Python — `pip`. С помощью него необходимо установить Python библиотеку `setuptools`:

```
$ pip install setuptools
```

Отдельно стоит отметить, что для корректной работы пакетов `twnews` и `twnews_consumer`, все директории, указываемые в конфигурации пакетов должны быть созданы заранее.

### 5.1 Пакет `twnews_consumer`

Исходный код приложения `twnews_consumer` расположен в папке `consumer` в корне репозитория. Приложение позволяет выкачивать и сохранять твиты и новости в формате, удобном для дальнейшей работы пакета `twnews`.

#### 5.1.1 Конфигурирование

Конфигурирование пакета `twnews_consumer` производится в файле `twnews_consumer/defaults.py`. После изменения параметров, необходимо переустановить пакет. Описание задаваемых параметров находится в таблице 8.

#### 5.1.2 Установка

Для установки приложения, необходимо зайти в папку `consumer` с исходным кодом пакет `twnews_consumer`, находящуюся в корне репозитория, и выполнить команду:

Таблица 8 — Описание конфигурации пакета `twnews_consumer`

Имя параметра	Пример значения	Описание
<code>LOG_FILE</code>	<code>'/var/log/twnews_consumer.log'</code>	Путь до файла с логом
<code>LOG_LEVEL</code>	<code>logging.INFO</code>	Уровень подробности лога
<code>TWNEWS_DATA_PATH</code>	<code>'/home/user/twnews_data/'</code>	Путь до директории, в которую будут сохранены данные
<code>RSS_FEEDS</code>	<code>{   'lenta': {'rss_url':     'http://lenta.ru/rss'},   'rt': {'rss_url':     'https://russian.rt.com/rss'}, }</code>	Новостные источники, которые требуется выкачать
<code>TWEETS_LANGUAGES</code>	<code>['ru']</code>	Список языков, твиты с использованием которых выкачиваются из твиттера

```
$ make install
```

Во время установки, с целью распаковки секретного ключа, необходимого для работы с API твиттера, требуется ввести секретный пароль.

### 5.1.3 Использование

Результатом работы пакета является множество новостей и твитов, выкаченных за время работы программы. Для новостей сохраняются заголовок, краткое описание, ссылка на новость, время публикации и имя ресурса, на котором новость была опубликована. Для твитов сохраняются текст, численный уникальный идентификатор, время публикации, информацию о хэштегах и ссылках и является ли он ретвитом.

Приложение обладает интерфейсом командной строки. Для старта скачивания новостей, необходимо запустить команду:

```
$ twnews_consumer download —news
```

Для старта скачивания сообщения твиттера, необходимо запустить команду:

```
$ twnews_consumer download —tweets
```

Для завершения скачивания, необходимо использовать сочетание клавиш «Ctrl-C». Приложение обработает прерывание и корректно завершится.

Приложение записывает вспомогательную информацию о своём статусе и обработанных ошибках в файл лога. Поэтому из файла лога можно узнать актуальную информацию о работе приложения. Пример:

```
$ tail -f /var/log/twnews_consumer.log
```

```
2016-04-05 11:37:14: RSS> Start consume rss feeds
2016-04-05 11:37:17: TWITTER> Starting write to /mnt/yandex.disk/twnews_data/
logs/tweets.shelve
2016-04-05 11:37:17: TWITTER> Starting to consume twitter
2016-04-05 12:33:32: TWITTER> ('Connection broken: IncompleteRead(0 bytes read
, 512 more expected)', IncompleteRead(0 bytes read, 512 more expected))
```

Приложение `twnews_consumer` устойчиво к ошибкам, возникающим при получении новостей и твитов, восстановление работы заключается в перезапуске скачивания информации. Ввиду этого приложение реализует скачивание данных согласно семантики *at-most-once* — гарантируется отсутствие дублей, но допускается потеря данных.

## 5.2 Пакет `twnews`

Пакет `twnews` располагается в папке `core` в корне репозитория. Приложение позволяет обрабатывать данные полученные с помощью консьюмера с целью автоматического установления связей между твитами и новостными статьями и оценки качества полученного решения.

### 5.2.1 Конфигурирование

Конфигурирование пакета `twnews` производится в файле `twnews/defaults.py`. После изменения параметров, необходимо переустановить пакет. Описание задаваемых параметров находится в таблице 9.

### 5.2.2 Установка

Для установки приложения, необходимо зайти в папку `core` с исходным кодом пакет `twnews`, находящуюся в корне репозитория, и выполнить команду:

```
$ make install
```

Для повышения производительности рекомендуется вручную собрать пакет `numru` с использованием низкоуровневой математической библиотеки `OpenBLAS` [7].

### 5.2.3 Использование

Финальным результатом работы приложения является получение рекомендаций для произвольных твитов. Построение рекомендаций происходит в несколько стадий (каждая стадия представляет собой отдельный вызов приложения), количество стадий различается для различных методов рекомендаций.

Таблица 9 — Описание конфигурации пакета twnews

Имя параметра	Пример значения	Описание
LOG_FILE	'/var/log/twnews.log'	Путь до файла с логом
LOG_LEVEL	logging.INFO	Уровень подробности лога
TWNEWS_DATA_PATH	'/home/user/twnews_data/'	Путь до директории, в которую были скачены данные приложением twnews_consumer
DATASET_FRACTION	1.0	Часть множества скаченных твитов на основе которых происходит построение набора данных
TMP_FILE_DIRECTORY	'/tmp/twnews/'	Путь до директории в которую будут сохранены временные данные
DEFAULT_WTMF_OPTIONS	{ 'DIM': 90, 'WM': 0.95, 'ITERATIONS': 1, 'LAMBDA': 1.95 }	Настройки метода WTMF
DEFAULT_WTMFG_OPTIONS	{ 'DIM': 220, 'WM': 5, 'ITERATIONS': 1, 'DELTA': 0.06, 'LAMBDA': 6 }	Настройки метода WTMF-G

Приложение обладает интерфейсом командной строки. Для удобства использования функционал приложения разбивается на набор независимых друг от друга точек входа, каждая из которых представляет интерфейс для выполнения одной из стадий работы построения рекомендаций. Список всех точек входа представлен в таблице 10.

В дальнейшем приводится более детальное описание каждой точки входа. Для каждой точки входа в качестве примера использования приводится две команды командной строки: вызов и результат вызова автоматически порождаемой приложением справочной информации, которая описывает параметры передаваемые в точку входа, и один из вариантов вызова точки входа.

Точка входа tweets\_sample позволяет получить случайный набор твитов из собранных данных; параметризуется двумя необязательными параметрами length — задаёт количество твитов в результате, и output\_dir — определяет директорию в которой будет сохранён файл с твитами; на выход в результирующей директории порождается файл с твитами, его имя печатается на экран. Пример использования:

Таблица 10 — Описание точек входа пакета twnews

Название точки входа	Пример команды запуска	Описание
tweets_sample	twnews tweets_sample	Получение случайного набора твитов из собранных данных
resolver	twnews resolver	Расшифровка сокращённых ссылок
build_dataset	twnews build_dataset	автоматическое построение набора данных
train	twnews train	Построение модели для методов WTMF и WTMF-G
apply	twnews apply	Применение модели для методов WTMG и WTMF-G
tfidf	twnews tfidf	Применение метода TF-IDF
build_recommendation	twnews build_recommendation	Построение рекомендаций
recommendation	twnews recommendation	Обработка полученных рекомендаций

```
$ twnews tweets_sample -h
```

```
usage: twnews tweets_sample [-h] [--length LENGTH] [--output_dir OUTPUT_DIR]
```

optional arguments:

```
-h, --help            show this help message and exit
--length LENGTH       num of tweets in sample (default: 10)
--output_dir OUTPUT_DIR
                        output directory (default: /home/avybornov/tmp)
```

```
$ twnews tweets_sample --length 100
```

Точка входа resolver позволяет расшифровать все сокращённые ссылки, используемые в скаченном приложением twnews\_consumer множестве данных (параметр resolve). Отображение коротких ссылок в расшифрованные хранится отдельным файлом и в дальнейшем используется при построении набора данных. Также точка входа resolver позволяет получить статистику по все расшифрованным ссылкам (параметр analyze). Пример использования:

```
$ twnews resolver -h
```

```
usage: twnews resolver [-h] (--resolve | --analyze)
```

optional arguments:

```
-h, --help            show this help message and exit
--resolve             resolve urls from all tweets (default: False)
--analyze             print stats of resolved urls (default: False)
```

```
$ twnews resolver resolve
```

Точка входа build\_dataset позволяет автоматически построить набор данных; парамет-

ризуется двумя параметрами `unique_words` — задаёт процент уникальных слов в твите для пар твит-новость, и `output_dir` — определяет директорию в которой будет сохранён файл с набором данных; Имя построенного набора данных печатается на экран. Пример использования:

```
$ twnews build_dataset -h
usage: twnews build_dataset [-h] [--unique_words UNIQUE_WORDS]
                             [--output_dir OUTPUT_DIR]
```

optional arguments:

```
-h, --help                show this help message and exit
--unique_words UNIQUE_WORDS
                           percent of unique words in tweet by corresponding news
                           (default: 0.0)
--output_dir OUTPUT_DIR
                           output directory (default: /home/avybornov/tmp)
```

```
$ twnews build_dataset
```

Точка входа `train` позволяет построить модели для методов WTMF и WTMF-G; каждый метод параметризуется тремя параметрами `dataset` — название используемого набора данных, `input_dir` — директория где находится используемый набор данных и `output_dir` — директория в которую будет сохранён файл с модель и файл содержащий новости и твиты из набора данных с векторами для сравнения; Имя построенной модели печатается на экран. Пример использования:

```
$ twnews train -h
usage: twnews train [-h] (--wtmf | --wtmf_g) --dataset DATASET
                   [--input_dir INPUT_DIR] [--output_dir OUTPUT_DIR]
```

optional arguments:

```
-h, --help                show this help message and exit
--wtmf                    wtmf method (default: False)
--wtmf_g                  wtmf_g method (default: False)
--dataset DATASET         dataset name (default: None)
--input_dir INPUT_DIR
                           input directory (default: /home/avybornov/tmp)
--output_dir OUTPUT_DIR
                           output directory (default: /home/avybornov/tmp)
```

```
$ twnews train --wtmf --dataset dataset_auto
```

Точка входа `apply` позволяет применить ранее построенные модели для методов WTMF и WTMF-G на набор твитов; каждый метод параметризуется четырьмя параметрами: `model` —

название используемого набора данных, tweets — название файла с набором твитов, который был построен с использованием точки входа tweets\_sample, input\_dir — директория где находится используемая модель и набор твитов; output\_dir — директория в которую будет сохранён файл содержащий новости из набора данных (использованного на этапе обучения) и твиты из переданного файла с векторами для сравнения; Имя полученного файла печатается на экран. Пример использования:

```
$ twnews apply -h
usage: twnews apply [-h] (--wtmf | --wtmf_g) --model MODEL --tweets TWEETS
                  [--input_dir INPUT_DIR] [--output_dir OUTPUT_DIR]
```

optional arguments:

-h, --help	show this help message and exit
--wtmf	wtmf method (default: False)
--wtmf_g	wtmf_g method (default: False)
--model MODEL	model name (default: None)
--tweets TWEETS	name of file with tweets (default: None)
--input_dir INPUT_DIR	input directory (default: /home/avybornov/tmp)
--output_dir OUTPUT_DIR	output directory (default: /home/avybornov/tmp)

```
$ twnews apply --wtmf --model WTMF_model --tweets tweets_file
```

Точка входа tfidf позволяет применить метод TFIDF для нахождения векторов сравнения для новостей из набора данных и твитов из переданного файла (если файл не указан используются твиты из набора данных); параметризуется четырьмя параметрами dataset — название используемого набора данных, tweets — название файла с набором твитов, который был построен с использованием точки входа tweets\_sample, input\_dir — директория где находится используемый датасет и набор твитов; output\_dir — директория в которую будет сохранён файл содержащий новости и твиты с векторами для сравнения; Имя порождённого файла, который содержит новости и твиты с векторами для сравнения, печатается на экран. Пример использования:

```
$ twnews tfidf -h
usage: twnews tfidf [-h] --dataset DATASET --tweets TWEETS
                  [--input_dir INPUT_DIR] [--output_dir OUTPUT_DIR]
```

optional arguments:

-h, --help	show this help message and exit
--dataset DATASET	dataset name (default: None)
--tweets TWEETS	name of file with tweets (default: None)



```

--input_dir INPUT_DIR
            input directory (default: /home/avybornov/tmp)
--output_dir OUTPUT_DIR
            output directory (default: /home/avybornov/tmp)

```

```
$ twnews tfidf --dataset dataset_manual --tweets tweets_file
```

Точка входа `build_recomendation` позволяет построить рекомендации по набору новостей и твитов из набора данных с векторами для сравнения (если указан файл содержащий твиты с векторами для сравнения, то твиты берутся из него); параметризуется четырьмя параметрами `dataset_applied` — название используемого набора данных с векторами для сравнения, `tweets_applied` — название файла с набором твитов с векторами для сравнения, `input_dir` — директория где находится используемый датасет и набор твитов; `output_dir` — директория в которую будет сохранён файл с рекомендациями; Имя порождённого файла, который содержит рекомендации, печатается на экран. Пример использования:

```

$ twnews build_recommendation -h
usage: twnews build_recommendation [-h] --dataset_applied DATASET_APPLIED
                                   --tweets_applied TWEETS_APPLIED
                                   [--input_dir INPUT_DIR]
                                   [--output_dir OUTPUT_DIR]

```

optional arguments:

```

-h, --help            show this help message and exit
--dataset_applied DATASET_APPLIED
                      dataset_applied name (default: None)
--tweets_applied TWEETS_APPLIED
                      tweets_applied name (default: None)
--input_dir INPUT_DIR
                      input directory (default: /home/avybornov/tmp)
--output_dir OUTPUT_DIR
                      output directory (default: /home/avybornov/tmp)

```

```
$ twnews build_recommendation --dataset_applied dataset_auto_applied
```

Точка входа `recommendation` позволяет вывести на экран (параметр `eval`) или в текстовый файл (параметр `print`) построенные ранее рекомендациям или снять с них метрики (параметр `eval`), дополнительно параметризуется параметризуется тремя параметрами `recommended` — название файла с рекомендациями, `input_dir` — директория где находятся файл с рекомендациями; `output_dir` — директория в которую будет сохранён текстовый файл с рекомендациями; Имя порождённого файла, который рекомендации в человекочитаемом формате, печатается на

экран. Пример использования:

```
$ twnews recommendation -h
```

```
usage: twnews recommendation [-h] (--eval | --dump | --print) --recommended
                                RECOMMENDED [--input_dir INPUT_DIR]
                                [--output_dir OUTPUT_DIR]
```

optional arguments:

```
-h, --help                show this help message and exit
--eval                    eval recommendation results (default: False)
--dump                    dump recommendation result to file (default: False)
--print                   print recommendation result to stdout (default: False)
--recommended RECOMMENDED
                            tweets_applied name (default: None)
--input_dir INPUT_DIR
                            input directory (default: /home/avybornov/tmp)
--output_dir OUTPUT_DIR
                            output directory (default: /home/avybornov/tmp)
```

```
$ twnews recommended --eval --recommended dataset_auto_applied
```

Приложение записывает вспомогательную информацию о своём статусе и обработанных ошибках в файл лога. Поэтому из файла лога можно узнать актуальную информацию о работе приложения. Пример:

```
$ tail -f /var/log/twnews.log
```

```
INFO:root:2016-04-08 10:20:08.256411: News successfully loaded
```

```
INFO:root:2016-04-08 10:20:23.006948: Function iteration started with time
measure
```

```
INFO:root:2016-04-08 10:33:32.930520: Function iteration finished in 13m9
.9234058857s
```

```
INFO:root:2016-04-08 10:33:32.940666: Function find_topk_sim_news_to_tweets
started with time measure
```

```
INFO:root:2016-04-08 10:34:42.360326: Function find_topk_sim_news_to_tweets
finished in 1m9.41950583458s
```

```
INFO:root:2016-04-08 10:34:42.587674: Function iteration started with time
measure
```

```
INFO:root:2016-04-08 10:48:04.453983: Function iteration finished in 13m21
.8661620617s
```

```
INFO:root:2016-04-08 10:48:04.466846: Function find_topk_sim_news_to_tweets
started with time measure
```

INFO:root:2016-04-08 10:49:18.958096: Function find\_topk\_sim\_news\_to\_tweets  
finished in 1m14.4910538197s  
INFO:root:2016-04-08 10:49:19.171160: Function iteration started with time  
measure

## 6 Эксперименты

Главной целью проведения экспериментов является сравнение двух реализованных методов автоматического установления связей между твитами и новостными статьями: метод основанный на частотности употребления слов и WTMF-G. Для исследования влияния на качество добавления информации о взаимосвязях вида текст-текст также производится сравнительное тестирование методов WTMF и WTMF-G.

Ввиду малого числа твитов в наборах данных тестирование производится на тех же выборках, на которых производится обучение. Также, ввиду того, что алгоритмы WTMF и WTMF-G используют случайным образом инициализированные матрицы, каждый запуск этих алгоритмов производился трёхкратно, в результатах приведено усреднённое значение.

### 6.1 Методы оценки качества

Для оценки качества рассматриваются метрики применимые для решения задач информационного поиска. Твит рассматривается как запрос, а список новостей как ответ. Для каждого твита, получаемый список новостей ранжирован по мере убывания их схожести. В работе использованы две метрики:  $MRR$  и  $TOP_I$ , их описание дано ниже.

#### 6.1.1 Метрика качества $MRR$

$MRR$  (от англ. Mean reciprocal rank) — статистическая метрика, используемая для измерения качества алгоритмов информационного поиска. Пусть  $rank_i$  — позиция первого правильного ответа в  $i$ -м запросе,  $n$  — общее количество запросов. Тогда значение  $MRR$  можно получить по формуле:

$$MRR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{rank_i}. \quad (11)$$

#### 6.1.2 Метрика качества $TOP_I$

$TOP_I$  — группа метрик, используемых для оценки качества алгоритмов информационного поиска. Значение метрики  $TOP_I$  численно равно проценту запросов с правильным ответом, входящим в первые  $I$  ответов. Пусть  $n$  — общее количество запросов,  $Q_I(i)$  — равно 1, если правильный ответ на  $i$ -й запрос входит в первые  $I$  предложенных ответов, 0 — в противном случае. Тогда значение  $TOP_I$  можно получить по формуле:

$$TOP_I = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_I(i). \quad (12)$$

В дальнейшем будут рассматриваться две метрики из группы метрик  $TOP_I$ :  $TOP_1$ ,  $TOP_3$ .

## 6.2 Оптимизация качества WTMF, путём варьирования параметров

Оптимизация параметров модели для метода WTMF производится на наборе данных cutted с использованием метрики MRR. Модель WTMF зависит от четырёх параметров:  $K$ ,  $I$ ,  $\lambda$ ,  $w_m$ . Параметры  $K$  и  $I$  влияют на время построения модели, а параметры  $\lambda$  и  $w_m$  не влияют на время построения модели.

В качестве начального приближения берутся значения параметров, которое использовали авторы работы [1], а именно:  $K = 30$ ,  $I = 3$ ,  $\lambda = 20$ ,  $w_m = 0.1$ .

Оптимизируются параметры, не влияющие на время работы алгоритма:  $\lambda$  и  $w_m$ . Для этого фиксируются остальные параметры:  $I = 1$ ,  $K = 30$ . Для начала находится оптимальный порядок значений начального приближения. Результаты занесены в таблицу 11.

Таблица 11 — Качество работы алгоритма WMTF для различных значений  $\lambda$  и  $w_m$  при фиксированных значениях  $I = 1$ ,  $K = 30$

$\lambda \backslash w_m$	<b>0.001</b>	<b>0.01</b>	<b>0.1</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>100</b>
<b>0.2</b>	0.6855	0.6877	0.7482	0.3651	0.1526	0.1485
<b>2</b>	0.7000	0.7015	0.7173	<b>0.7525</b>	0.3707	0.1605
<b>20</b>	0.6964	0.7081	0.7149	0.7308	0.7507	0.3784
<b>200</b>	0.7075	0.6991	0.7010	0.7016	0.7146	0.7448
<b>2000</b>	0.6970	0.7070	0.6991	0.7114	0.6994	0.7044

Как видно из таблицы 11 в целом получена достаточно однородная картина для всех порядков  $\lambda$  и  $w_m$ . Заметное снижение качества происходит при большом порядке  $w_m$  и малом порядке  $\lambda$ . Максимальное значение метрики достигнуто при  $\lambda = 2$  и  $w_m = 1$ . Для уточнения значения коэффициентов, производится исследование качества работы алгоритма в окрестностях максимального значения метрики. Результаты приведены в таблице 12.

Таблица 12 — Качество работы алгоритма WMTF для различных значений  $\lambda$  и  $w_m$  при фиксированных значениях  $I = 1$ ,  $K = 30$

$\lambda \backslash w_m$	<b>0.9</b>	<b>0.95</b>	<b>1</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>
<b>1.9</b>	0.7442	0.7451	0.7536	0.7542	0.7544
<b>1.95</b>	0.7447	<b>0.7554</b>	0.7452	0.7439	0.7504
<b>2</b>	0.7507	0.7528	0.7504	0.7515	0.7566
<b>2.05</b>	0.7413	0.7505	0.7424	0.7525	0.7479
<b>2.1</b>	0.7405	0.7484	0.7485	0.7502	0.7501

Из таблицы 12 получаем оптимальные значения коэффициентов  $\lambda = 0.95$  и  $w_m = 1.95$ .

Оптимизируются параметры, влияющие на время работы алгоритма:  $K$  и  $I$ . Для этого фиксируются остальные параметры:  $\lambda = 0.95$ ,  $w_m = 1.95$ . Для начала находится примерное значение коэффициента  $K$  и оптимальное значение  $I$ . Результаты занесены в таблицу 13.

Таблица 13 — Качество работы алгоритма WMTF для различных значений  $K$  и  $I$  при фиксированных значениях  $\lambda = 0.95$ ,  $w_m = 1.95$

$K \backslash I$	1	2	3
5	0.1232	0.1593	0.1838
10	0.3521	0.4102	0.4437
30	0.7426	0.7422	0.7158
60	<b>0.8326</b>	0.8117	0.7620

Как видно из таблицы 13 увеличение  $K$  приводит к значительному улучшению качества работы алгоритма, увеличении  $I$  приводит к улучшению качества алгоритма только при малых значениях параметра  $K$ , при больших значениях  $K$  увеличение параметра  $I$  приводит к ухудшению качества. Максимальное значение метрики достигнуто при  $K = 60$  и  $I = 1$ . Для уточнения значения коэффициента  $K$ , производится исследование качества работы алгоритма при фиксированном значении коэффициента  $I$ . Результаты приведены в таблице 14.

Таблица 14 — Качество работы алгоритма WMTF для различных значений  $K$  при фиксированных значениях  $I = 1$ ,  $\lambda = 0.95$ ,  $w_m = 1.95$

К	Значение метрики MRR
10	0.3595
20	0.6460
30	0.7496
40	0.8003
50	0.8220
60	0.8424
70	0.8472
80	0.8535
82	0.8549
84	0.8597
86	0.8592
88	0.8572
90	<b>0.8675</b>
92	0.8580
94	0.8604
96	0.8612
98	0.8644
100	0.8655
110	0.8627

Из таблицы 14 получаем оптимальное значение коэффициента  $K = 90$ .

В итоге оптимизации качества рекомендаций на основе алгоритма WMTF были получены оптимальные параметры:  $K = 90$ ,  $I = 1$ ,  $\lambda = 0.95$ ,  $w_m = 1.95$ .

### 6.3 Оптимизация качества WTMF-G, путём варьирования параметров

Оптимизация параметров модели для метода WTMF-G производится на наборе данных cutted с использованием метрики MRR. Модель WTMF-G зависит от пяти параметров:  $K$ ,  $I$ ,  $\lambda$ ,  $\delta$ ,  $w_m$ . Параметры  $K$  и  $I$  влияют на время построения модели, а параметры  $\lambda$  и  $w_m$  не влияют на время построения модели.

В качестве начального приближения параметров взяты оптимальные параметры для метода WTMF, а именно  $K = 90$ ,  $I = 1$ ,  $w_m = 1.95$ ,  $\lambda = 0.95$ . В качестве начального приближения параметра  $\delta$  берем значение 0.1.

Сначала оптимизируем параметры, влияющие на регуляризующий член:  $\lambda$  и  $\delta$ . Для этого фиксируем остальные параметры:  $I = 1$ ,  $K = 90$ ,  $w_m = 1.95$ . Сначала найдём оптимальный порядок значений начального приближения. Результаты занесены в таблицу 15. Как видно из

Таблица 15 — Качество работы алгоритма WMTF-G для различных значений  $\lambda$  и  $\delta$  при фиксированных значениях  $I = 1$ ,  $K = 90$ ,  $w_m = 1.95$

$\lambda \backslash \delta$	<b>0.001</b>	<b>0.01</b>	<b>0.1</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
<b>0.01</b>	0.3889	0.3842	0.3924	0.3900	0.3895
<b>0.1</b>	0.4895	0.4875	0.4886	0.4850	0.4847
<b>1</b>	0.8227	0.8256	0.8242	0.8225	0.8212
<b>10</b>	0.8477	0.8440	<b>0.8496</b>	0.8454	0.8495
<b>100</b>	0.8294	0.8318	0.8283	0.8240	0.8243

таблицы 15 порядок параметра  $\delta$  оказывает влияние на качество, но достаточно слабое, порядок параметра  $\lambda$ , напротив очень сильно влияет на получаемое качество. Максимальное значение метрики достигнуто при  $\lambda = 10$  и  $\delta = 0.1$ .

Для уточнения значения коэффициентов, производится исследование качества работы алгоритма в окрестностях максимального значения метрики. Результаты приведены в таблице 16. Результаты, описанные в таблице 16 достаточно однородны. Возьмём в качестве оптимального значения коэффициент полученную точку максимум:  $\lambda = 6$ ,  $\delta = 0.06$ .

Рассмотрим влияние параметра  $w_m$  и найдём его оптимальное значение. Сначала рассмотрим качество алгоритма для различных порядков  $w_m$ . Результаты занесены в таблицу 17. Как видно из таблицы 17 порядок параметра  $w_m$  оказывает заметное влияние на качество. При значительном увеличении до  $10^2$  качество начинает резко падать. Максимальное значение метрики достигнуто при  $w_m = 5$ , уточним полученное значение.

Таблица 16 — Качество работы алгоритма WMTF-G для различных значений  $\lambda$  и  $\delta$  при фиксированных значениях  $I = 1$ ,  $K = 90$ ,  $w_m = 1.95$

$\lambda \backslash \delta$	<b>0.06</b>	<b>0.08</b>	<b>0.1</b>	<b>0.12</b>	<b>0.14</b>
<b>4</b>	0.8501	0.8512	0.8489	0.8530	0.8476
<b>6</b>	<b>0.8589</b>	0.8524	0.8511	0.8580	0.8493
<b>8</b>	0.8483	0.8528	0.8539	0.8439	0.8498
<b>10</b>	0.8504	0.8455	0.8416	0.8453	0.8408
<b>12</b>	0.8453	0.8398	0.8472	0.8376	0.8415
<b>14</b>	0.8462	0.8456	0.8387	0.8398	0.8377

Таблица 17 — Качество работы алгоритма WMTF-G для различных значений  $w_m$  при фиксированных значениях  $I = 1$ ,  $K = 90$ ,  $\lambda = 6$ ,  $\delta = 0.6$

$w_m$	0.01	0.05	0.1	0.5	1	5	10	50	100
<b>MRR</b>	0.8283	0.8296	0.8285	0.8359	0.8442	<b>0.8639</b>	0.8391	0.6094	0.5035

Для уточнения значения коэффициента  $w_m$ , производится исследование качества работы алгоритма в окрестностях максимального значения метрики. Результаты приведены в таблице 18. Из таблицы 18 получаем оптимальное значение параметра  $w_m = 5$ .

Таблица 18 — Качество работы алгоритма WMTF-G для различных значений  $w_m$  при фиксированных значениях  $I = 1$ ,  $K = 90$ ,  $\lambda = 6$ ,  $\delta = 0.6$

$w_m$	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.5
<b>MRR</b>	0.8592	0.8585	0.8594	0.8603	<b>0.8639</b>	0.8591	0.8586	0.8574	0.8536

Теперь рассмотрим оставшиеся два параметра  $K$  и  $I$ . Качество работы алгоритма WMTF-G для различных значений  $K$  и  $I$  приведено в таблице 19. Как показано в таблице 19, WMTF-G показывает аналогично методу WTMF поведение при изменении параметров  $K$  и  $I$ , а именно, в среднем с увеличением количества итераций, качество работы алгоритма уменьшается. Максимум был достигнут при  $K = 220$ ,  $I = 1$ .

В итоге оптимизации качества рекомендаций на основе алгоритма WMTF-G были получены оптимальные параметры:  $K = 220$ ,  $I = 1$ ,  $\delta = 0.6$ ,  $\lambda = 6$ ,  $w_m = 5$ .



Таблица 19 — Качество работы алгоритма WMTF-G для различных значений  $K$  и  $I$  при фиксированных значениях  $w_m = 5$ ,  $\lambda = 6$ ,  $\delta = 0.06$

$K \backslash I$	1	2	3	4	5
30	0.7529	0.7927	0.7577	0.6736	0.5794
40	0.7992	0.8194	0.7695	0.6813	0.5828
50	0.8269	0.8349	0.7834	0.6830	0.5801
60	0.8419	0.8450	0.7984	0.7056	0.6006
70	0.8557	0.8466	0.7977	0.7036	0.6002
80	0.8614	0.8511	0.7990	0.7032	0.5957
90	0.8606	0.8522	0.8039	0.7088	0.6038
100	0.8606	0.8527	0.8022	0.7089	0.6021
110	0.8686	0.8553	0.8074	0.7123	0.6065
120	0.8693	0.8579	0.8097	0.7174	0.6085
130	0.8725	0.8588	0.8160	0.7264	0.6206
140	0.8740	0.8597	0.8157	0.7248	0.6241
150	0.8763	0.8620	0.8171	0.7263	0.6200
160	0.8740	0.8596	-	-	-
170	0.8768	0.8606	-	-	-
180	0.8785	0.8613	-	-	-
190	0.8767	0.8616	-	-	-
200	0.8769	0.8613	-	-	-
210	0.8786	0.8613	-	-	-
220	<b>0.8816</b>	0.8632	-	-	-
230	0.8814	0.8646	-	-	-
240	0.8758	0.8632	-	-	-

## 6.4 Сравнительные результаты

Для выявления влияния добавления связей текст-текст на результаты работы метода WMTF-G производится сравнительное тестирование алгоритма WTMF и WTMF-G. Тестирование производится для различных наборов данных. Результаты тестирования приведены в таблице 20.

Таблица 20 — Сравнительное тестирование алгоритмов WTMF и WTMF-G

Набор данных	Метрика MRR		Метрика $TOP_1$		Метрика $TOP_3$	
	WTMF	WTMF-G	WTMF	WTMF-G	WTMF	WTMF-G
manual	0.7293	0.7854	0.6187	0.6756	0.8193	0.8775
auto	0.8640	0.8685	0.8096	0.8149	0.9148	0.9195
total	0.8196	0.8487	0.7452	0.7828	0.8851	0.9049
cutted	0.8630	0.8816	0.8045	0.8204	0.9118	0.9279
manual_nt	0.6194	0.7000	0.4733	0.5502	0.7223	0.8217
auto_nt	0.5297	0.5695	0.4436	0.4798	0.5750	0.6099
total_nt	0.5729	0.6341	0.4587	0.5143	0.6448	0.7296
cutted_nt	0.6495	0.7039	0.5371	0.5974	0.7372	0.7840

Как видно из таблицы 20 алгоритм WMTF-G показывает стабильно более высокий результат чем алгоритм WTMF, из этого можно сделать вывод, что добавление связей текст-текст позволяет построить более точные рекомендации.

Сравним два метода рекомендаций: TF-IDF и WTMF-G. Сначала посмотрим на результаты полученные на базовых эталонных наборах данных, то есть тех, которые наряду с нетривиальными содержат большое количество тривиальных связей. Результаты тестирования приведены в таблице 21.

Таблица 21 — Сравнительное тестирование алгоритмов TF-IDF и WTMF-G на базовых эталонных наборах данных

Набор данных	Метрика MRR		Метрика $TOP_1$		Метрика $TOP_3$	
	TF-IDF	WTMF-G	TF-IDF	WTMF-G	TF-IDF	WTMF-G
manual	0.8310	0.7854	0.7337	0.6756	0.9137	0.8775
auto	0.8817	0.8685	0.8344	0.8149	0.9299	0.9195
total	0.8610	0.8487	0.8044	0.7828	0.9249	0.9049
cutted	0.9075	0.8816	0.8499	0.8204	0.9453	0.9279

Как видно из таблицы 21 метод TF-IDF показывает заметно более лучший результат на всех наборах данных. В целом для метода TF-IDF получены неожиданно высокие результаты, качество полученное для метода TF-IDF авторами метода WTMF-G при связывании твитов и новостей почти в два раза меньше (качество полученное авторами метода WTMF-G приведено

в разделе 1.1.5). Настолько высокие результаты метода TF-IDF получены по следующим причинам: во-первых, в русском твиттере очень много тривиальных связей твит-новость, во-вторых, ввиду специфики русского сегмента твиттер, в заголовках новостей и твитах их описывающих оказалось большое количество общих слов.

С целью нивелирования влияния тривиальных связей было проведено тестирование на наборах данных, которые содержат исключительно нетривиальные связи. Результаты экспериментов приведены в таблице 22.

Таблица 22 — Сравнительное тестирование алгоритмов TF-IDF и WTMF-G на наборах данных с нетривиальными твитами

Набор данных	Метрика MRR		Метрика $TOP_1$		Метрика $TOP_3$	
	TF-IDF	WTMF-G	TF-IDF	WTMF-G	TF-IDF	WTMF-G
manual_nt	0.7565	0.7000	0.6250	0.5502	0.8688	0.8217
auto_nt	0.6035	0.5695	0.5254	0.4798	0.6461	0.6099
total_nt	0.6914	0.6341	0.5833	0.5143	0.8688	0.7296
cutted_nt	0.7485	0.7039	0.6442	0.5974	0.8303	0.7840

Как видно из таблицы 22 на наборах данных с нетривиальными твитами наблюдается такой же результат, как и для наборов данных с полным набором твитов. То есть метод TF-IDF во всех рассматриваемых случаях показывает более высокое качество, чем метод WTMF-G. Из этого следует, что рассматриваемые нетривиальные твиты, оказались «большими» текстами, очень похожими на заголовки новостей — это вызвано влиянием специфики русского сегмента твиттера.

Также из таблиц 21 и 22 можно оценить влияние различных наборов данных. Автоматически собранный датасет для полного набора твитов даёт более лучшее качество, чем вручную собранный, это вызвано влиянием большого числа тривиальных связей. Как и ожидается результаты на наборах данных с нетривиальными твитами показывают обратную картину.

На наборе данных cutted для полного набора данных разница качества между TF-IDF и WTMF-G наименьшая - это вызвано тем, что оптимизация метода WTMF-G производилась на этом наборе данных.

## 7 Технико-экономическое обоснование

Разработка программного обеспечения — достаточно трудоемкий и длительный процесс, требующий выполнения большого числа разнообразных операций. Организация и планирование процесса разработки программного продукта или программного комплекса при традиционном методе планирования предусматривает выполнение следующих работ [9]:

- формирование состава выполняемых работ и группировка их по стадиям разработки;
- расчет трудоемкости выполнения работ;
- установление профессионального состава и расчет количества исполнителей;
- определение продолжительности выполнения отдельных этапов разработки;
- построение календарного графика выполнения разработки;
- контроль выполнения календарного графика.

Далее приведен перечень и состав работ при разработке программного средства для автоматического установления связей между сообщениями твиттера и новостными статьями. Отметим, что процесс разработки программного продукта характеризуется совместной работой разработчиков постановки задач и разработчиков программного обеспечения.

Укрупненный состав работ по стадиям разработки программного продукта [10] [8]:

а) Техническое задание:

- Постановка задач, выбор критериев эффективности,
- Разработка технико-экономического обоснования разработки,
- Определение состава пакета прикладных программ, состава и структуры информационной базы,
- Выбор языков программирования,
- Предварительный выбор методов выполнения работы,
- Разработка календарного плана выполнения работ;

б) Эскизный проект:

- Предварительная разработка структуры входных и выходных данных,
- Разработка общего описания алгоритмов реализации решения задач,
- Разработка пояснительной записки,
- Консультации разработчиков постановки задач,
- Согласование и утверждение эскизного проекта;

в) Технический проект:

- Разработка алгоритмов решения задач,
- Разработка пояснительной записки,
- Согласование и утверждение технического проекта,
- Разработка структуры программы,
- Разработка программной документации и передача ее для включения в технический

проект,

- Уточнение структуры, анализ и определение формы представления входных и выходных данных,
- Выбор конфигурации технических средств;

г) Рабочий проект:

- Комплексная отладка задач и сдача в опытную эксплуатацию,
- Разработка проектной документации,
- Программирование и отладка программ,
- Описание контрольного примера,
- Разработка программной документации,
- Разработка, согласование программы и методики испытаний,
- Предварительное проведение всех видов испытаний;

д) Внедрение:

- Подготовка и передача программной документации для сопровождения с оформлением соответствующего Акта,
- Передача программной продукции в фонд алгоритмов и программ,
- Проверка алгоритмов и программ решения задач, корректировка документации после опытной эксплуатации программного продукта;

Трудоемкость разработки программной продукции зависит от ряда факторов, основными из которых являются следующие: степень новизны разрабатываемого программного комплекса, сложность алгоритма его функционирования, объем используемой информации, вид ее представления и способ обработки, а также уровень используемого алгоритмического языка программирования. Чем выше уровень языка, тем трудоемкость меньше.

По степени новизны разрабатываемый проект относится к *группе новизны А* – разработка программных комплексов, требующих использования принципиально новых методов их создания, проведения НИР и т.п.

По степени сложности алгоритма функционирования проект относится к *2 группе сложности* – программная продукция, реализующая учетно-статистические алгоритмы.

По виду представления исходной информации и способа ее контроля программный продукт относится к *группе 12* – исходная информация представлена в форме документов, имеющих различный формат и структуру и *группе 22* – требуется печать документов одинаковой формы и содержания, вывод массивов данных на машинные носители.

## 7.1 Трудоемкость разработки программной продукции

Трудоемкость разработки программной продукции ( $\tau_{PP}$ ) может быть определена как сумма величин трудоемкости выполнения отдельных стадий разработки программного продук-

та из выражения:

$$\tau_{PP} = \tau_{TZ} + \tau_{EP} + \tau_{TP} + \tau_{RP} + \tau_V, \quad (13)$$

где  $\tau_{TZ}$  — трудоемкость разработки технического задания на создание программного продукта;  $\tau_{EP}$  — трудоемкость разработки эскизного проекта программного продукта;  $\tau_{TP}$  — трудоемкость разработки технического проекта программного продукта;  $\tau_{RP}$  — трудоемкость разработки рабочего проекта программного продукта;  $\tau_V$  — трудоемкость внедрения разработанного программного продукта.

### 7.1.1 Трудоемкость разработки технического задания

Расчёт трудоёмкости разработки технического задания ( $\tau_{PP}$ ) [чел.-дни] производится по формуле:

$$\tau_{TZ} = T_{RZ}^Z + T_{RP}^Z, \quad (14)$$

где  $T_{RZ}^Z$  — затраты времени разработчика постановки задачи на разработку ТЗ, [чел.-дни];  $T_{RP}^Z$  — затраты времени разработчика программного обеспечения на разработку ТЗ, [чел.-дни]. Их значения рассчитываются по формулам:

$$T_{RZ}^Z = t_Z \cdot K_{RZ}^Z, \quad (15)$$

$$T_{RP}^Z = t_Z \cdot K_{RP}^Z, \quad (16)$$

где  $t_Z$  — норма времени на разработку ТЗ на программный продукт (зависит от функционального назначения и степени новизны разрабатываемого программного продукта), [чел.-дни]. В нашем случае по таблице получаем значение (группа новизны — А, функциональное назначение — технико-экономическое планирование):

$$t_Z = 79.$$

$K_{RZ}^Z$  — коэффициент, учитывающий удельный вес трудоемкости работ, выполняемых разработчиком постановки задачи на стадии ТЗ. В нашем случае (совместная разработка с разработчиком ПО):

$$K_{RZ}^Z = 0.65.$$

$K_{RP}^Z$  — коэффициент, учитывающий удельный вес трудоемкости работ, выполняемых разработчиком программного обеспечения на стадии ТЗ. В нашем случае (совместная разработка с разработчиком постановки задач):

$$K_{RP}^Z = 0.35.$$

Тогда:

$$\tau_{TZ} = 79 \cdot (0.35 + 0.65) = 79.$$

### 7.1.2 Трудоемкость разработки эскизного проекта

Расчёт трудоёмкости разработки эскизного проекта ( $\tau_{EP}$ ) [чел.-дни] производится по формуле:

$$\tau_{EP} = T_{RZ}^E + T_{RP}^E, \quad (17)$$

где  $T_{RZ}^E$  — затраты времени разработчика постановки задачи на разработку эскизного проекта (ЭП), [чел.-дни];  $T_{RP}^E$  — затраты времени разработчика программного обеспечения на разработку ЭП, [чел.-дни]. Их значения рассчитываются по формулам:

$$T_{RZ}^E = t_E \cdot K_{RZ}^E, \quad (18)$$

$$T_{RP}^E = t_E \cdot K_{RP}^E, \quad (19)$$

где  $t_E$  — норма времени на разработку ЭП на программный продукт (зависит от функционального назначения и степени новизны разрабатываемого программного продукта), [чел.-дни]. В нашем случае по таблице получаем значение (группа новизны — А, функциональное назначение — технико-экономическое планирование):

$$t_E = 175.$$

$K_{RZ}^E$  — коэффициент, учитывающий удельный вес трудоемкости работ, выполняемых разработчиком постановки задачи на стадии ЭП. В нашем случае (совместная разработка с разработчиком ПО):

$$K_{RZ}^E = 0.7.$$

$K_{RP}^E$  — коэффициент, учитывающий удельный вес трудоемкости работ, выполняемых разработчиком программного обеспечения на стадии ТЗ. В нашем случае (совместная разработка с разработчиком постановки задач):

$$K_{RP}^E = 0.3.$$

Тогда:

$$\tau_{EP} = 175 \cdot (0.3 + 0.7) = 175.$$

### 7.1.3 Трудоемкость разработки технического проекта

Трудоёмкость разработки технического проекта ( $\tau_{TP}$ ) [чел.-дни] зависит от функционального назначения программного продукта, количества разновидностей форм входной и вы-

ходной информации и определяется по формуле:

$$\tau_{TP} = (t_{RZ}^T + t_{RP}^T) \cdot K_V \cdot K_R, \quad (20)$$

где  $t_{RZ}^T$  — норма времени, затрачиваемого на разработку технического проекта (ТП) разработчиком постановки задач, [чел.-дни];  $t_{RP}^T$  — норма времени, затрачиваемого на разработку ТП разработчиком ПО, [чел.-дни]. По таблице принимаем (функциональное назначение — технико-экономическое планирование, количество разновидностей форм входной информации — 2 (твиты, новости), количество разновидностей форм выходной информации — 2 (набор связей твит-новости, оценка работы рекомендательной системы)):

$$t_{RZ}^T = 52,$$

$$t_{RP}^T = 14.$$

$K_R$  — коэффициент учета режима обработки информации. По таблице принимаем (группа новизны — А, режим обработки информации — реальный масштаб времени):

$$K_R = 1.67.$$

$K_V$  — коэффициент учета вида используемой информации, определяется по формуле:

$$K_V = \frac{K_P \cdot n_P + K_{NS} \cdot n_{NS} + K_B \cdot n_B}{n_P + n_{NS} + n_B}, \quad (21)$$

где  $K_P$  — коэффициент учета вида используемой информации для переменной информации;  $K_{NS}$  — коэффициент учета вида используемой информации для нормативно-справочной информации;  $K_B$  — коэффициент учета вида используемой информации для баз данных;  $n_P$  — количество наборов данных переменной информации;  $n_{NS}$  — количество наборов данных нормативно-справочной информации;  $n_B$  — количество баз данных. Коэффициенты находим по таблице (группа новизны - А):

$$K_P = 1.70,$$

$$K_{NS} = 1.45,$$

$$K_B = 4.37.$$

Количество наборов данных, используемых в рамках задачи:

$$n_P = 3,$$

$$n_{NS} = 0,$$



$$n_B = 1.$$

Находим значение  $K_V$ :

$$K_V = \frac{1.70 \cdot 3 + 1.45 \cdot 0 + 4.37 \cdot 1}{3 + 0 + 1} = 2.3675.$$

Тогда:

$$\tau_{TP} = (52 + 14) \cdot 2.3675 \cdot 1.67 = 261.$$

#### 7.1.4 Трудоемкость разработки рабочего проекта

Трудоёмкость разработки рабочего проекта ( $\tau_{RP}$ ) [чел.-дни] зависит от функционального назначения программного продукта, количества разновидностей форм входной и выходной информации, сложности алгоритма функционирования, сложности контроля информации, степени использования готовых программных модулей, уровня алгоритмического языка программирования и определяется по формуле:

$$\tau_{RP} = (t_{RZ}^R + t_{RP}^R) \cdot K_K \cdot K_R \cdot K_Y \cdot K_Z \cdot K_{IA}, \quad (22)$$

где  $t_{RZ}^R$  — норма времени, затраченного на разработку рабочего проекта на алгоритмическом языке высокого уровня разработчиком постановки задач, [чел.-дни].  $t_{RP}^R$  — норма времени, затраченного на разработку рабочего проекта на алгоритмическом языке высокого уровня разработчиком ПО, [чел.-дни]. По таблице принимаем (функциональное назначение — технико-экономическое планирование, количество разновидностей форм входной информации — 2 (твиты, новости), количество разновидностей форм выходной информации — 2 (набор связей твит-новости, оценка работы рекомендательной системы)):

$$t_{RZ}^R = 15,$$

$$t_{RP}^R = 91.$$

$K_K$  — коэффициент учета сложности контроля информации. По таблице принимаем (степень сложности контроля входной информации — 12, степень сложности контроля выходной информации — 22):

$$K_K = 1.00.$$

$K_R$  — коэффициент учета режима обработки информации. По таблице принимаем (группа новизны — А, режим обработки информации — реальный масштаб времени):

$$K_R = 1.75.$$

$K_Y$  — коэффициент учета уровня используемого алгоритмического языка программирования. По таблице принимаем значение (интерпретаторы, языковые описатели):

$$K_Y = 0.8.$$

$K_Z$  — коэффициент учета степени использования готовых программных модулей. По таблице принимаем (использование готовых программных модулей составляет около 30

$$K_Z = 0.7.$$

$K_{IA}$  — коэффициент учета вида используемой информации и сложности алгоритма программного продукта, его значение определяется по формуле:

$$K_{IA} = \frac{K'_P \cdot n_P + K'_{NS} \cdot n_{NS} + K'_B \cdot n_B}{n_P + n_{NS} + n_B}, \quad (23)$$

где  $K'_P$  — коэффициент учета сложности алгоритма ПП и вида используемой информации для переменной информации;  $K'_{NS}$  — коэффициент учета сложности алгоритма ПП и вида используемой информации для нормативно-справочной информации;  $K'_B$  — коэффициент учета сложности алгоритма ПП и вида используемой информации для баз данных.  $n_P$  — количество наборов данных переменной информации;  $n_{NS}$  — количество наборов данных нормативно-справочной информации;  $n_B$  — количество баз данных. Коэффициенты находим по таблице (группа новизны - А):

$$K'_P = 2.02,$$

$$K'_{NS} = 1.21,$$

$$K'_B = 1.05.$$

Количество наборов данных, используемых в рамках задачи:

$$n_P = 3,$$

$$n_{NS} = 0,$$

$$n_B = 1.$$

Находим значение  $K_{IA}$ :

$$K_{IA} = \frac{2.02 \cdot 3 + 1.21 \cdot 0 + 1.05 \cdot 1}{3 + 0 + 1} = 1.7775.$$

Тогда:

$$\tau_{RP} = (15 + 91) \cdot 1.00 \cdot 1.75 \cdot 0.8 \cdot 0.7 \cdot 1.7775 = 185.$$

### 7.1.5 Трудоемкость выполнения стадии «Внедрение»

Расчёт трудоёмкости разработки технического проекта ( $\tau_V$ ) [чел.-дни] производится по формуле:

$$\tau_V = (t_{RZ}^V + t_{RP}^V) \cdot K_K \cdot K_R \cdot K_Z, \quad (24)$$

где  $t_{RZ}^V$  — норма времени, затрачиваемого разработчиком постановки задач на выполнение процедур внедрения программного продукта, [чел.-дни];  $t_{RP}^V$  — норма времени, затрачиваемого разработчиком программного обеспечения на выполнение процедур внедрения программного продукта, [чел.-дни]. По таблице принимаем (функциональное назначение — технико-экономическое планирование, количество разновидностей форм входной информации — 2 (твиты, новости), количество разновидностей форм выходной информации — 2 (набор связей твит-новости, оценка работы рекомендательной системы)):

$$t_{RZ}^V = 17,$$

$$t_{RP}^V = 19.$$

Коэффициент  $K_K$  и  $K_Z$  были найдены выше:

$$K_K = 1.00,$$

$$K_Z = 0.7.$$

$K_R$  — коэффициент учета режима обработки информации. По таблице принимаем (группа новизны — А, режим обработки информации — реальный масштаб времени):

$$K_R = 1.60.$$

Тогда:

$$\tau_V = (17 + 19) \cdot 1.00 \cdot 1.60 \cdot 0.7 = 40.$$

Общая трудоёмкость разработки ПП:

$$\tau_{PP} = 79 + 175 + 261 + 185 + 40 = 740.$$

## 7.2 Расчет количества исполнителей

Средняя численность исполнителей при реализации проекта разработки и внедрения ПО определяется соотношением:

$$N = \frac{t}{F}, \quad (25)$$

где  $t$  — затраты труда на выполнение проекта (разработка и внедрение ПО);  $F$  — фонд рабочего времени. Разработка велась 5 месяцев с 1 января 2016 по 31 мая 2016. Количество рабочих дней по месяцам приведено в таблице 23. Из таблицы получаем, что фонд рабочего времени

$$F = 96.$$

Таблица 23 — Количество рабочих дней по месяцам

Номер месяца	Интервал дней	Количество рабочих дней
1	01.01.2016 - 31.01.2016	15
3	01.02.2016 - 29.02.2016	20
4	01.03.2016 - 31.03.2016	21
5	01.04.2016 - 30.04.2016	21
6	01.05.2016 - 31.05.2016	19
Итого		96

Получаем число исполнителей проекта:

$$N = \frac{740}{96} = 8$$

Для реализации проекта потребуются 3 старших инженеров и 5 простых инженеров.

### 7.3 Ленточный график выполнения работ

На основе рассчитанных в главах 7.1, 7.2 трудоёмкости и фонда рабочего времени найдём количество рабочих дней, требуемых для выполнения каждого этапа разработки. Результаты приведены в таблице 24.

Таблица 24 — Трудоёмкость выполнения работы над проектом

Номер стадии	Название стадии	Трудоёмкость [чел.-дни]	Удельный вес [%]	Количество рабочих дней
1	Техническое задание	79	11	10
2	Эскизный проект	175	24	23
3	Технический проект	261	35	34
4	Рабочий проект	185	25	24
5	Внедрение	40	5	5
Итого		740	100	96

Планирование и контроль хода выполнения разработки проводится по ленточному графику выполнения работ. По данным в таблице 24 в ленточный график (таблица 25), в ячейки столбца “продолжительности рабочих дней” заносятся времена, которые требуются на выполнение соответствующего этапа. Все исполнители работают одновременно.

Таблица 25 — Ленточный график выполнения работ

Номер стадии	Продолжительность [раб.-дни]	Календарные дни																							
		Количество рабочих дней																							
		01.01.2016 - 03.01.2016	04.01.2016 - 10.01.2016	11.01.2016 - 17.01.2016	18.01.2016 - 24.01.2016	25.01.2016 - 31.01.2016	01.02.2016 - 07.02.2016	08.02.2016 - 14.02.2016	15.02.2016 - 21.02.2016	22.02.2016 - 28.02.2016	29.02.2016 - 06.03.2016	07.03.2016 - 13.03.2016	14.03.2016 - 20.03.2016	21.03.2016 - 27.03.2016	28.03.2016 - 03.04.2016	04.04.2016 - 10.04.2016	11.04.2016 - 17.04.2016	18.04.2016 - 24.04.2016	25.04.2016 - 01.05.2016	02.05.2016 - 08.05.2016	08.05.2016 - 15.05.2016	16.05.2016 - 22.05.2016	23.05.2016 - 29.05.2016	30.05.2016 - 31.05.2016	
1	10			5	5																				
2	23					5	5	5	6	2															
3	34									1	5	3	5	5	5	5	5								
4	24																	5	5	3	4	5	2		
5	5																						3	2	

## 7.4 Определение себестоимости программной продукции

Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), состоят из затрат на заработную плату исполнителям, затрат на закупку или аренду оборудования, затрат на организацию рабочих мест, и затрат на накладные расходы.

В таблице 26 приведены затраты на заработную плату и отчисления на социальное страхование в пенсионный фонд, фонд занятости и фонд обязательного медицинского страхования (30.5 %). Для старшего инженера предполагается оклад в размере 120000 рублей в месяц, для инженера предполагается оклад в размере 100000 рублей в месяц.

Таблица 26 — Затраты на зарплату и отчисления на социальное страхование

Должность	Зарплата в месяц	Рабочих месяцев	Суммарная зарплата	Затраты на социальные нужды
Старший инженер	120000	5	600000	183000
Старший инженер	120000	5	600000	183000
Старший инженер	120000	5	600000	183000
Инженер	100000	5	500000	152500
Инженер	100000	5	500000	152500
Инженер	100000	5	500000	152500
Инженер	100000	5	500000	152500
Инженер	100000	5	500000	152500
Суммарные затраты			5611500	

Расходы на материалы, необходимые для разработки программной продукции, указаны в таблице 27.

Таблица 27 — Затраты на материалы

Наименование материала	Единица измерения	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага А4	Пачка 400 л.	2	200	400
Картридж для принтера HP P10025	Шт.	3	450	1350
Суммарные затраты				1750

В работе над проектом используется специальное оборудование — персональные электронно-вычислительные машины (ПЭВМ) в количестве 8 шт. Стоимость одной ПЭВМ составляет 90000 рублей. Месячная норма амортизации  $K = 2,7\%$ . Тогда за 4 месяцев работы расходы на амортизацию составят  $P = 90000 \cdot 8 \cdot 0.027 \cdot 4 = 77760$  рублей.

Общие затраты на разработку программного продукта (ПП) составят

$$5611500 + 1750 + 77760 = 5691010 \text{ рублей.}$$

## 7.5 Определение стоимости программной продукции

Для определения стоимости работ необходимо на основании плановых сроков выполнения работ и численности исполнителей рассчитать общую сумму затрат на разработку программного продукта. Если ПП рассматривается и создается как продукция производственно-технического назначения, допускающая многократное тиражирование и отчуждение от непосредственных разработчиков, то ее цена  $P$  определяется по формуле:

$$P = K \cdot C + Pr, \quad (26)$$

где  $C$  — затраты на разработку ПП (сметная себестоимость);  $K$  — коэффициент учёта затрат на изготовление опытного образца ПП как продукции производственно-технического назначения ( $K = 1.1$ );  $Pr$  — нормативная прибыль, рассчитываемая по формуле:

$$Pr = \frac{C \cdot \rho_N}{100}, \quad (27)$$

где  $\rho_N$  — норматив рентабельности,  $\rho_N = 30\%$ ;

Получаем стоимость программного продукта:

$$P = 1.1 \cdot 5691010 + 5691010 \cdot 0.3 = 7967414 \text{ рублей.}$$

## 7.6 Расчет экономической эффективности

Основными показателями экономической эффективности является чистый дисконтированный доход (NPV) и срок окупаемости вложенных средств. Чистый дисконтированный доход определяется по формуле:

$$NPV = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1 + E)^t}, \quad (28)$$

где  $T$  — горизонт расчета по месяцам;  $t$  — период расчета;  $R_t$  — результат, достигнутый на  $t$  шаге (стоимость);  $Z_t$  — текущие затраты (на шаге  $t$ );  $E$  — приемлемая для инвестора норма прибыли на вложенный капитал.

На момент начала 2016 года, ставка рефинансирования 11% годовых (ЦБ РФ), что эквивалентно 0.87% в месяц. В виду особенности разрабатываемого продукта он может быть продан лишь однократно. Отсюда получаем

$$E = 0.0087.$$

В таблице 28 находится расчёт чистого дисконтированного дохода. График его изменения приведён на рисунке 9.

Согласно проведенным расчетам, проект является рентабельным. Разрабатываемый проект позволит превысить показатели качества существующих систем и сможет их заменить.

Таблица 28 — Расчёт чистого дисконтированного дохода

Месяц	Текущие затраты, руб.	Затраты с начала года, руб.	Текущий доход, руб.	ЧДД, руб.
Январь	1201810	1201810	0	-1201810
Февраль	1122300	2324110	0	-2314430
Март	1122300	3446410	0	-3417454
Апрель	1122300	4568710	0	-4510964
Мая	1122300	5700730	7967414	2101032

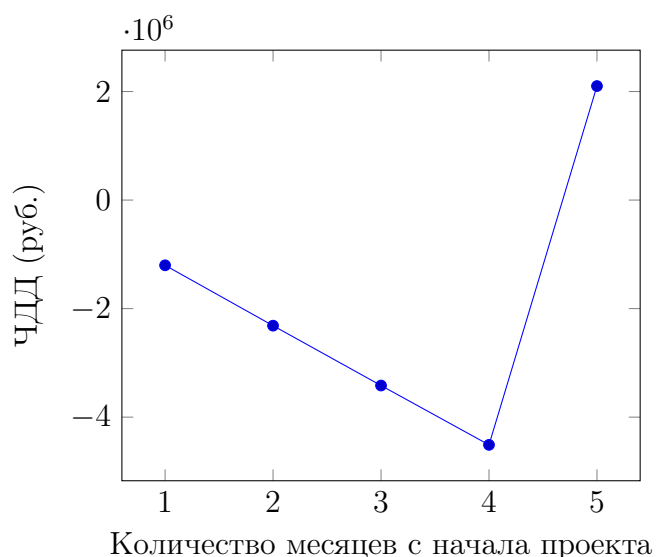


Рисунок 9 — График изменения чистого дисконтированного дохода

Итоговый ЧДД составил: 2101032 рублей.

## 7.7 Результаты

В рамках организационно-экономической части был спланирован календарный график проведения работ по созданию подсистемы поддержки проведения диагностики промышленных, а также были проведены расчеты по трудозатратам. Были исследованы и рассчитаны следующие статьи затрат: материальные затраты; заработная плата исполнителей; отчисления на социальное страхование; накладные расходы.

В результате расчетов было получено общее время выполнения проекта, которое составило 96 рабочих дней, получены данные по суммарным затратам на создание системы для автоматического сопоставления твитов и новостных статей, которые составили 5700730 рублей. Согласно проведенным расчетам, проект является рентабельным. Цена данного программного проекта составила 7967414 рублей, итоговый ЧДД составил 2101032 рублей.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках дипломной работы было проведено исследование методов установления связей между твитами и новостными статьями. Было собрано несколько наборов данных и проанализированы различные подходы к их разметке. Реализован программный комплекс, позволяющий установить связи между твитами и новостными статьями в формате рекомендаций на основе различных подходов: методов WTMF, WTMF-G и метода, основанного на частотности слов (TF-IDF). На основе написанного программного комплекса произведено сравнение различных подходов. Как результат сравнения получено, что в для русского сегмента твиттера наиболее оптимальным подходом является метод, основанный на частотности слов (TF-IDF).

К сожалению, исследование показало, что наиболее простой метод, основанный на частотности слов, проявил наилучшее качество. Высокое качество метода TF-IDF является серьёзной проблемой, так как из этого следует, что рассматриваемые твиты, оказались «большими» текстами, очень похожими на заголовки новостей, то есть рассматриваемые твиты не репрезентативны. Основными причинами вызвавшими это являются как специфика собранных наборов данных, так и особенности русскоязычного сегмента твиттер.

Построение набора данных, состоящего из большего числа твитов, сильно отличающихся от заголовков новостей, позволит получить более реалистичную оценку качества. Что в свою очередь приведёт к возможности оценить преимущество методов, использующих дополнительные признаки, предоставляемые предметной областью.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. W. Guo, H. Li, H. Ji, and M. T. Diab. Linking tweets to news: A framework to enrich short text data in social media. - ACL, pages 239–249, 2013.
2. Manos Tsagkias, Maarten de Rijke, Wouter Weerkamp. Linking Online News and Social Media. - ISLA, University of Amsterdam.
3. T. Hoang-Vu, A. Bessa, L. Barbosa and J. Freire. Bridging Vocabularies to Link Tweets and News. - International Workshop on the Web and Databases (WebDB 2014), Snowbird, Utah, US, 2014.
4. Weiwei Guo and Mona Diab. 2012a. Modeling sentences in the latent space. In Proceedings of the 50th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics.
5. Harald Steck. 2010. Training and testing of recommender systems on data missing not at random. In Proceedings of the 16th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining.
6. Nathan Srebro and Tommi Jaakkola. 2003. Weighted low-rank approximations. In Proceedings of the Twentieth International Conference on Machine Learning.
7. Eric Huns. Hunseblog on Wordpress: URL: <https://hunseblog.wordpress.com/2014/09/15/installing-numpy-and-openblas/>.
8. Арсеньев В.В., Сажин Ю.Б. Методические указания к выполнению организационно-экономической части дипломных проектов по созданию программной продукции. М.: изд. МГТУ им. Баумана, 1994. 52 с. 2.
9. Под ред. Смирнова С.В. Организационно-экономическая часть дипломных проектов исследовательского профиля. М.: изд. МГТУ им. Баумана, 1995. 100 с.
10. ГОСТ 34.601 "АС. Стадии создания".
11. ГОСТ 19.701-90. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения.