



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ _____ «Информатика и системы управления»
КАФЕДРА _____ «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

НА ТЕМУ:

«Обзор методов анализа тональности
естественно-языковых текстов»

Студент:	<u>ИУ7-53Б</u> (группа)	_____ (подпись, дата)	<u>М. Д. Маслова</u> (И. О. Фамилия)
Руководитель:		_____ (подпись, дата)	<u>А. А. Оленев</u> (И. О. Фамилия)

2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Анализ предметной области	4
1.1 Актуальность задачи	4
1.2 Основные определения	5
1.3 Формализация задачи	6
2 Описание существующих решений	7
2.1 Лингвистический подход	7
2.1.1 Методы, основанные на правилах	7
2.1.2 Методы, основанные на тональных словарях	8
2.1.3 Методы, основанные на корпусах	8
2.2 Методы машинного обучения	9
2.2.1 Наивный байесовский классификатор	10
2.2.2 Логическая регрессия	11
2.2.3 Метод максимума энтропии	12
2.2.4 k -ближайших соседей	13
2.2.5 Дерево решений	13
2.2.6 Случайный лес	14
2.2.7 Метод опорных векторов	14
2.2.8 Нейронные сети	15
2.3 Гибридные методы	16
2.4 Вывод	17
3 Классификация существующих решений	18
3.1 Иерархия методов	18
3.2 Сравнение и оценка методов	18
3.3 Вывод	19
4 Заключение	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	21

ВВЕДЕНИЕ

1 Анализ предметной области

1.1 Актуальность задачи

В современном мире огромную роль в жизни каждого человека играет Интернет. Люди общаются в социальных сетях, ведут блоги, оставляют отзывы о товарах, услугах, фильмах, книгах и т. п. За счет этого в открытом доступе находится огромный объем данных, который позволяет проводить точные анализы для решения каких-либо задач.

Большая часть накопленных данных представлена виде текстовой информации, поэтому становится актуальной задача анализа текстов на естественном языке [1]. Одной из этих задач является анализ тональности и сентимент-анализ. За счет того, что такой анализ может быть проведен для текста, написанного на любую тему, его применение возможно во многих сферах:

- мониторинг общественного мнения [2] относительно товаров и услуг, в том числе в режиме реального времени, с целью определения их достоинств и недостатков с точки зрения покупателей и улучшения их характеристик [3];
- анализ политических и социальных взглядов пользователей (например, влияние мер, предпринятых для борьбы с вирусом COVID-19, на жизнь людей) [3];
- исследование рынка и прогнозирование цен на акции [3];
- выявление случаев эмоционального насилия и пресечение противоправных действий [4].

Решение описанных задач требует анализ большого количества текстов, что делает невозможным их ручную обработку. Также при оценке тональности текста человеком трудно соблюсти критерии этой оценки. Таким образом, возникает необходимость в автоматизированных системах анализа.

При этом в отличие от традиционной обработки текста в анализе тональности незначительные вариации между двумя элементами текста существенно меняют смысл (например, добавление частицы "не"). Обработку естественного языка затрудняет обильное использования носителями средств выразительности и переносных значений слов и фраз. Также основной из проблем сентимент-анализа является разная окраска одного и того слова в текстах на различные тематики: слово, которое считается положительным в одной, в то

же время считается отрицаельным в другой.

С учетом широкого применения анализ тональности и описанных сложностей, возникает необходимость в формализации поставленной проблемы и разработки методов для ее решения.

ССЫЛКИ!!!

1.2 Основные определения

Анализ тональности текста (sentiment analysis) – область компьютерной лингвистики, ориентированная на извлечение из текстов субъективных мнений и эмоций. **Тональность** – это мнение, отношение и эмоции автора по отношению к объекту, о котором говорится в тексте. Чаще всего под задачей анализа тональности текста понимают определение текста к одному из двух классов: "положительный" или "отрицательный". В некоторых случаях добавляют третий класс "нейтральных" текстов [5].

В настоящее время выделяют три основных подхода к определению тональности текста [5]:

- *лингвистический подход* предполагает анализ лексики в тексте на основе заранее созданных словарей, правил и шаблонов;
- *подход, основанный на машинном обучении*, строится на обучении и автоматическом построении классифицирующей функции на основе некоторых данных, полученных из текстов, тональность которых известна;
- *гибридный подход* сочетает в себе подходы как на основе словарей, правил и шаблонов, так и на основе машинного обучения;

Несмотря на различные **подходы** к решению задачи анализа тональности, во всех **подходах** требуется предварительная обработка текста, основными этапами которой являются:

- приведение текста к *единому регистру* для сокращения количества слов, которые необходимо хранить одновременно [6];
- *удаление пунктуации и шума* (упоминаний пользователей, ссылок, хештегов) [6];
- *токенизация* или разбиение исходного текста на лексемы, в простейшем случае – разбиение по пробельным символам [7];
- *удаление стоп-слов*, то есть слов не несущих никакой смысловой

нагрузки, с целью повышения точности [6];

- *стемминг* или *лемматизация* – приемы приведения слов форм слова к общему виду; в случае стеммига происходит получение корня слова путем отбрасывания приставок, суффиксов и окончаний, в случае лемматизации – воспроизводится начальная форма слова, то есть та форма, которая представлена в словаре [6];

- обработка отрицаний [8].

1.3 Формализация задачи

В данной работе ставится задача анализа методов определения принадлежности заданного естественно-языкового текста к одному из двух классов:

- положительный;
- отрицательный.

При этом определяется лишь **факт** принадлежности тому или иному классу, и оценка вероятности отношения текста к каждому классу не проводится.

2 Описание существующих решений

В данном разделе представлено краткое описание существующих методов анализа тональности естественно-языковых текстов.

2.1 Лингвистический подход

Методы использующие лингвистический подход можно разделить на две основные категории:

- методы на основе правил;
- методы на основе лексики.

Последние в свою очередь основываются либо на словарях слов, либо на корпусах текстов.

2.1.1 Методы, основанные на правилах

Методы, основанные на правилах, (или *rule-based methods*) для определения класса используют большой набор созданных в ручную правил вида «если \rightarrow то» [9]. Левая часть каждого правила показывает набор признаков, а правая часть — метку класса [10].

В случае анализа тональности набор признаков может быть представлен словом, словосочетанием или другой более сложной языковой конструкцией, а каждый класс — обозначен необходимым образом, например, символ «+» — положительный, «-» — отрицательный. В таком случае одними из простейших правил могут быть следующие (формулы 2.1-2.2):

$$\{\text{хороший}\} \rightarrow \{+\} \quad (2.1)$$

$$\{\text{плохой}\} \rightarrow \{-\} \quad (2.2)$$

Большой набор правил описанного вида позволяет осуществлять прогнозирования тональности анализируемого текста [11].

Данные алгоритмы имеют отличную производительность в узких областях тем текстов, однако их обобщение на более широкий круг тем затруднительно. Также процесс создания необходимых правил является трудоемким за счет их определения человеком, а не компьютером [12].

В целях ускорения процесса разработки для создания набора правил может использоваться машинное обучение, поэтому в некоторых научных работах [11] [13] данные методы относят к методам машинного обучения.

2.1.2 Методы, основанные на тональных словарях

Методы, основанные на тональных словарях, (или dictionary-based methods) относят к методам, основанным на лексике.

В данном подходе вручную собирается небольшой набор уникальных слов и словосочетаний, важных для тематики анализируемых текстов, с их тональными оценками (весами) [5]. Полученный набор увеличивается путем поиска в онлайн-словарях синонимов и антонимов к каждому элементу, входящему в набор. Найденные слова и словосочетания добавляются в исходный набор, и операция повторяется до тех пор, пока при очередном повторении не будет получено ни одного нового элемента набора [14]. Итоговый набор, полученный описанным методом, образует тональный словарь.

При анализе текста в итоговом наборе осуществляется поиск каждого слова и выбор его веса. Если слова нет в словаре, то считают, что оно нейтрально, и присваивают ему вес, равный нулю. По найденным весам высчитывается принадлежности анализируемого текста к тому или иному классу тональности [5].

Данный подход показывает хорошие результаты для некоторых областей, но имеет плохую масштабируемость, то есть полученный в результате поиска синонимов и антонимов словарь может быть корректно использован только для той предметной области, для которой он составлялся. При этом выделение начального небольшого набора слов и словосочетаний требует хороших знаний в анализируемой предметной области, а следовательно, возникает необходимость в изучении данной области или поиске специалиста, что приводит к дополнительным трудозатратам [5].

2.1.3 Методы, основанные на корпусах

Методы, основанные на корпусах, (или corpus-based methods) также относят к методам, основанным на лексике.

Данный подход так же, как и предыдущий, начинает работу с небольшого набора слов, однако, в отличие от методов, основанных на тональных словарях, методы, основанные на корпусах, осуществляют поиск слов для расширения исходного списка в большом наборе анализируемых текстов, а не в онлайн-словарях [10]. Таким образом учитывается не только самостоятельная тональная оценка слова, но и контекст, в котором это слово находится. При этом существует два способа для учета контекста [11]:

- статистический подход учитывает число появлений слова в положительных и отрицательных текстах, при преобладании в первых считается, что тональная оценка слова положительна, при преобладании во вторых — отрицательна, при совпадении частоты появлений — нейтральна; при этом учитывается тот факт, что два слова часто встречающиеся вместе в одном контексте с высокой вероятностью будут иметь одинаковую **полярность** [15];
- семантический подход опирается на различные принципы вычисления сходства между словами и присваивает словам близким по смыслу одинаковые значения веса [15].

Достоинством этого подхода является рассмотрение слова ни как самостоятельной единицы с фиксированным весом, а как части единого текста с тональной оценкой, зависящей от окружения [10]; однако, так же, как и в случае методов на основе тональных словарей, список слов полученный для одного набора текстов не может быть использован для анализа текстов иной предметной области, так как одно и то же слово в различных областях может вносить разный вес эмоциональной окраски [5].

2.2 Методы машинного обучения

В подходе к анализу тональности с точки зрения машинного обучения набор текстов разделяется на две различные сборки: для обучающей и тестовой выборки. Далее для контролируемого (с учителем) обучения тексты из обучающей выборке размечаются, то есть указывается их класс тональности, а для неконтролируемого (без учителя) обучения дополнительных данных не указывается [16].

2.2.1 Наивный байесовский классификатор

Наивный байесовский классификатор [17] является контролируемым вероятностным подходом, который определяют тональность текста путем нахождения наиболее вероятного класса C_T для данного текста T , что может быть описано формулой 2.3:

$$C_T = \underset{C}{\operatorname{argmax}} P(C|T), \quad (2.3)$$

где $P(C|T)$ — вероятность того, что текст T принадлежит классу C , которая может быть определена по формуле Байеса 2.4.

$$P(C|T) = \frac{P(C)P(T|C)}{P(T)}, \quad (2.4)$$

где $P(C)$ — вероятность того, что встретится класс C независимо от анализируемого текста;

$P(T|C)$ — вероятность встретить текст T среди текстов класса C ;

$P(T)$ — вероятность того, что встретится текст T среди всех текстов.

Вероятность $P(T)$ в формуле 2.4 не влияет на отношение текста к тому или иному классу, поэтому может быть опущена.

При представлении текста в виде вектора входящих в него слов и предположении об их независимости (что и дало данному классификатору название «наивный») вероятность встретить текст T среди текстов класса C может быть вычислена по формуле 2.5:

$$\begin{aligned} P(T|C) &= P(w_1, w_2, \dots, w_N|C) = \\ &= P(w_1|C) \cdot P(w_2|C) \cdot \dots \cdot P(w_N|C) = \prod_{i=1}^N P(w_i|C), \end{aligned} \quad (2.5)$$

где w_i — i -ое слово в тексте T ;

$P(w_i|C)$ — вероятность встретить i -ое слово в классе C ;

N — количество слов в тексте.

Таким образом, с учетом формул 2.3-2.5 итоговый класс анализируемого текста может быть найден по формуле 2.7:

$$C_T = \operatorname{argmax}_C P(C)P(T|C) = \operatorname{argmax}_C P(C) \prod_{i=1}^N P(w_i|C). \quad (2.6)$$

Наивный байесовский классификатор является самым простым и наиболее используемым методом при решении задач с помощью машинного обучения, однако данный метод делает предположение о независимости признаков (в случае анализа тональности ими являются слова), которое в естественно-языковых текстах обычно не подтверждается, что делает данный классификатор слабоэффективным. Однако, несмотря на всю простоту и ограничение на независимость, наивный байесовский классификатор может показывать хорошие результаты при анализе тональности текста [5].

2.2.2 Логическая регрессия

Логическая регрессия является методом линейного классификатора, использующим для прогнозирования вероятности принадлежности текстов к классу путем вычисления значения логической функции $f(z)$, описывающейся формулой 2.7:

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}. \quad (2.7)$$

Параметр логической функции z описывается формулой 2.8:

$$z = \theta^T x = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \dots + \theta_n x_n, \quad (2.8)$$

где x — вектор-столбец, в случае анализа тональности описывающий данный текст;

θ — вектор-столбец коэффициентов, получаемых в ходе обработке обучающей выборки.

Для определения класса текста, он представляется в виде вектора столбца x , далее вычисляется значение логической функции. Исходя из графика логической функции, представленного на рисунке 2.1, если полученное значение больше 0.5 текст считается положительным, иначе отрицательным [18].

Логическая регрессия является одним из самых популярных методов классификации, обученная модель показывает очень хорошие результаты, однако для работы данного классификатора необходима качественная предобработка и

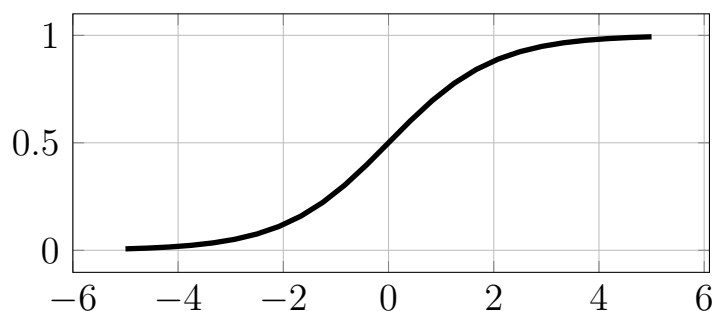


Рисунок 2.1 – График логической функции

отбор признаков для представления текста в виде вектора-столбца [5].

2.2.3 Метод максимума энтропии

Метод максимума энтропии [19] является вероятностным классификатором, который основан на принципе максимальной энтропии. По данному принципу распределения вероятности являются равномерными (имеют максимальную энтропию), если нет оснований считать иначе, то есть предположения о независимости слов, как в случае наивного байесовского классификатора, не делается, а при обучении максимизируются их веса с помощью итерационной процедуры.

Вероятность $P(C|T)$ того, что текст T принадлежит классу C , в данном случае определяется формулой 2.9:

$$P(C|T) = \frac{1}{Z(T)} \exp \left(\sum_i \lambda_i f_i(T, C) \right), \quad (2.9)$$

где $Z(T)$ — коэффициент нормализации, гарантирующий выполнение условия нормировки, вычисляющийся по формуле 2.10;

λ_i — вес i -ого признака;

$f_i(T, C)$ — функция принадлежности i -ого признака текста T классу C .

$$Z(T) = \sum_C \exp \left(\sum_i \lambda_i f_i(T, C) \right), \quad (2.10)$$

где обозначения соответствуют обозначениям в формуле 2.9.

В силу отсутствия предположения о независимости признаков как в случае наивного байесовского классификатора метод максимума энтропии

позволяет добиться лучших результатов с сохранением простоты реализации и необходимости для обучения малого числа данных [5].

2.2.4 k -ближайших соседей

k -ближайших соседей — метод, работа которого заключается в поиске обучающих текстов, наиболее похожих на анализируемый, при этом построение обучающих данных происходит с учетом соотношений текстов друг с другом.

Для определения тональности текста с помощью данного метода вычисляется расстояние между тестовыми данными и уже обработанными обучающими. Чаще всего для вычисления расстояния используют косинусное сходство (формула 2.11), которое соответствует косинусу угла θ между векторами \vec{A} и \vec{B} , которые задают сравниваемые тексты.

$$\cos \theta = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{\|\vec{A}\| \|\vec{B}\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}} \quad (2.11)$$

После вычисления всех расстояний в их наборе ищутся k наименьших, при чем k определяется заранее. И в конце анализируемому тексту сопоставляется тот класс, к которому относится большинство из k выбранных соседей.

Данный метод прост в реализации, однако имеет большое время выполнения в силу необходимости полного перебора [20].

2.2.5 Дерево решений

Классификатор *дерева решений* строит обучающие данные в древовидную структуру: выбирается слово, тексты, которые его содержат, помещаются на правую ветвь дерева, остальные — в левую; для каждой ветви процедура повторяется до тех пор, пока листья не будут содержать определенное минимальное количество записей, которые используются для определения тональности. Таким образом, внутренние узлы дерева представляют условие, являющееся проверкой на наличие или отсутствие одного или нескольких слов, а листья содержат либо минимальный набор текстов, по которым можно определить тональность анализируемого, либо метку класса, к которому будет

принадлежать текст, удовлетворяющий всем условиям, включенным в путь от корня к данному листу.

При анализе тональности текста, не входящего в обучающую выборку, для него, начиная с корня построенного дерева, проверяются условия во внутренних узлах для поиска необходимого листа, по информации из которого определяется тональность [14].

Метод дерева решений является рекурсивным, прост в реализации, требует минимальной предварительной обработки данных и дает хорошие результаты при решении задачи анализа тональности текста на большом количестве данных, однако данный метод сильно зависит от обучающих данных, то есть при небольших изменениях в обучающей выборке, получаются кардинально разные результаты на тестовых данных [5].

2.2.6 Случайный лес

Для решения проблемы дерева решений с зависимостью от обучающих данных используется ансамбль решающих деревьев, или *случайный лес*. В данном методе строится большое количество решающих деревьев на разных обучающих данных по алгоритму, описанному в предыдущем пункте. Для определения тональности текста, он анализируется с помощью каждого дерева, класс, выбранный большинством деревьев, определяет тональность анализируемого текста.

Данный метод решает проблемы одиночного решающего дерева, однако требует больших временных затрат на построение деревьев [5].

2.2.7 Метод опорных векторов

Метод опорных векторов является контролируемым линейным подходом. При решении задачи классификации текстов, в том числе на положительные и отрицательные, тексты обучающей выборки представляются в виде векторов, которым соответствуют точки в n -мерном пространстве, где n — размерность вектора. Цель метода заключается в поиске такой гиперплоскости пространства, что сумма расстояний от ближайших к этой гиперплоскости точек в каждом классе (называющихся опорными векторами) максимальна (рисунок 2.2) [11].

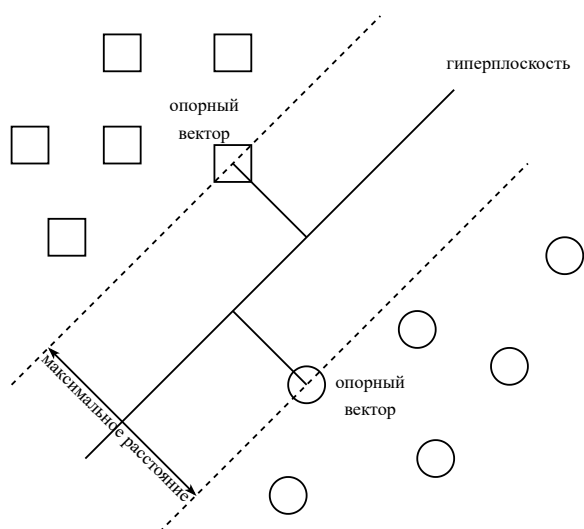


Рисунок 2.2 – Визуализация метода опорных векторов

Данный метод является одним из наиболее эффективных методов классификации и показывает хорошие результаты при классификации текстов, так как хорошо масштабируется и может работать с большим количеством признаков на больших выборках [5].

2.2.8 Нейронные сети

Нейронные сети [5] являются математической моделью, построенной по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей. Основными трудностями при их использовании являются необходимость большого количества обучающих данных, ресурсов и времени, а также их настройка: определение количества скрытых слоев, функции активации для каждого узла и пороговой ошибки. Однако нейронные сети способны отбирать признаки без участия человека, определять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также адаптироваться к изменениям, благодаря чему нейронные сети зарекомендовали себя во многих областях, в том числе в анализе тональности текстов.

Наиболее распространенными нейронными сетями в области анализа тональности текстов являются *сверточные* и *рекуррентные*. Сверточные нейронные сети используют операцию свертки (текст разбивается на фрагменты, каждый из которых умножается на матрицу свертки поэлементно, после чего результат суммируется), которая происходит на соседних словах, что позволяет учесть контекст, например, отрицания. Рекуррентные нейронные сети имеют

обратные связи от более удаленных элементов к менее, что позволяет сети учитывать не только текущие, но и предыдущие входные данные, благодаря чему вес каждого слова влияет на веса остальных слов в предложении.

2.3 Гибридные методы

При работе с SA подходы машинного обучения требуют этапа обучения и тренировки, а подходы на основе лексикона, хотя и не требуют этапа тестирования, имеют недостаток в том, что не учитывают семантику текста, поскольку эти методы полагаются на появление слов, которые явно представляют чувство. Кроме того, в случае текстов, извлеченных из социальных сетей, таких как твиты, они содержат общие слова и сокращения, которые развиваются за очень короткое время. По этой причине для повышения точности были разработаны гибридные подходы, сочетающие машинное обучение и методы, основанные на лексиконе. В работе Appel, Chiclana, Carter и Fujita (2016) разработан гибридный подход к оценке полярности и интенсивности семантической ориентации на уровне предложения, объединяющий методы NLP, лексикон настроений и нечеткие множества. Полученные результаты демонстрируют более высокую точность по сравнению с другими классификаторами, такими как Naïve Bayes и максимальная энтропия. В работе Lalji и Deshmukh (2016) проводится определение полярности для одного твита с использованием гибридного подхода. После этапа предварительной обработки субъективные твиты отбираются с помощью многоперспективного ответа на вопрос (Mejova & Srinivasan, 2011; Лексикон содержит слова с информацией о субъективности. Опять же с использованием лексикона MPQA выполняется определение полярности на уровне слов, а затем полярность слов объединяется для твитов. Эти классифицированные твиты затем рассматриваются как обучающие данные для SVM-классификатора [8].

Существуют также гибридные методы, объединяющие в себе несколько различных методов. В работе [20] для задачи классификации текста использовался гибридный метод, объединяющий тональные словари и метод опорных векторов. В статье [21] авторы для решения задачи сентимент-анализа объединяли CNN и k-ближайших соседей [9].

Третий - это гибридные подходы, которые объединяют подходы, основанные на правилах и машинном обучении. Например, Кумар и коллеги раз-

работали гибридную систему анализа настроений персидского языка, которая объединила лингвистические правила и модули CNN и LSTM для классификации настроений [46]. Мескеле и Фрасинкар предложили гибридную модель для аспектного анализа настроений ALDONAr, которая объединяет онтологию домена настроений для сбора информации о домене, BERT для получения вкраплений слов и два слоя CNN для улучшения классификации настроений [47]. Модель достигла точности 83,8% и 87,1% на наборах данных SenEval 2015 Task 12 [48] и SemEval 2016 Task 5 [49] соответственно. Подобно подходам, основанным на правилах, языковые модели широко используются в гибридных подходах [50]-[52]. С одной стороны, сочетание сильных сторон подходов на основе правил и машинного обучения обычно позволяет получить более точные результаты. С другой стороны, как следствие комбинации, гибридные подходы также получают проблемы и ограничения подходов, основанных на правилах и машинном обучении. подходов [12].

2.4 Вывод

3 Классификация существующих решений

3.1 Иерархия методов

На основе приведенных в предыдущем разделе описаний можно составить иерархию методов анализа тональности естественно-языковых текстов на основе применяемых подходов. Данная иерархия представлена на рисунке 3.1.

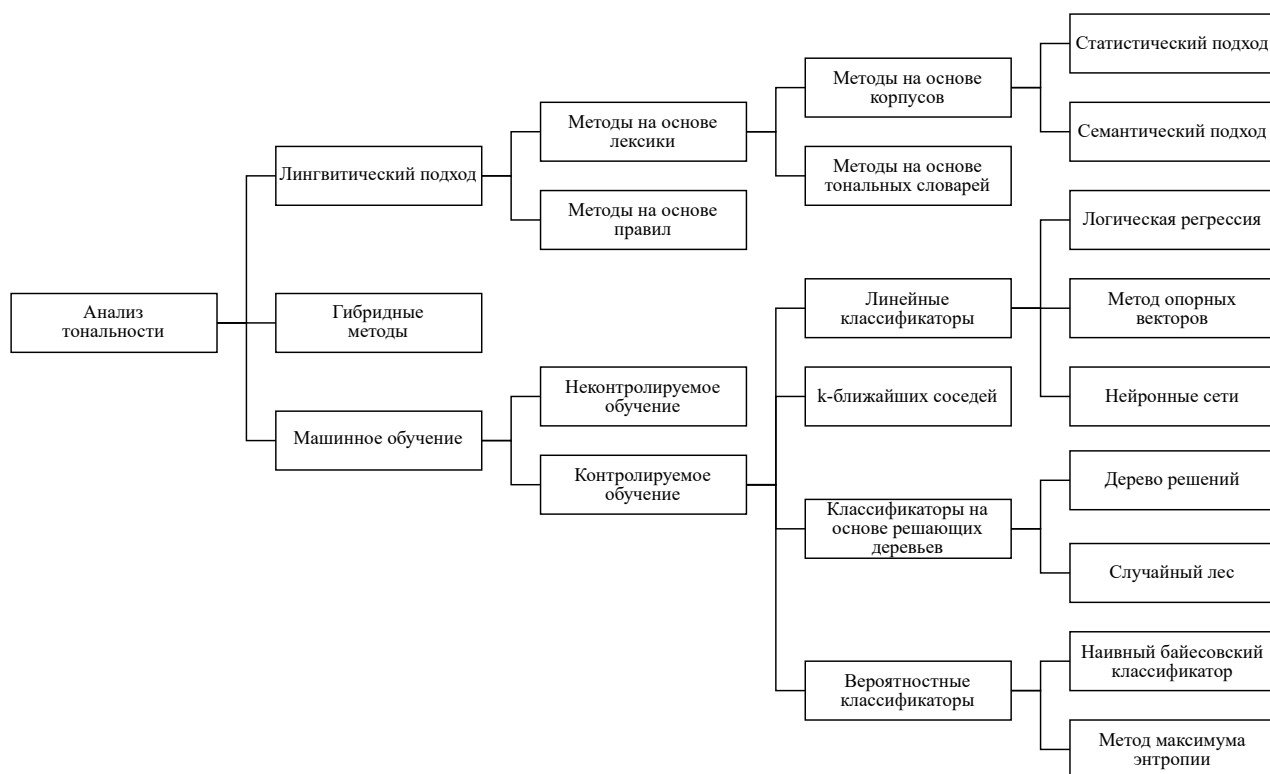


Рисунок 3.1 – Иерархия методов анализа тональности текстов

3.2 Сравнение и оценка методов

Методы анализа тональности естественно-языковых текстов можно оценить по следующим критериям:

- точность;
- критерий 2;
- критерий 3.

Таблица 3.1 – Сравнение методов анализа тональности

Метод	Точность	Критерий 2	Критерий 3
На основе правил			
На основе словарей			
На основе корпусов			
Наивный байесовский классификатор			
Логическая регрессия			
Максимум энтропии			
k-ближайших соседей			
Дерево решений			
Случайный лес			
Опорные векторы			
Сверточная нейронная сеть			
Рекуррентная нейронная сеть			

3.3 Вывод

4 Заключение

В ходе данной работы было выявлено:

- преобладание методов машинного обучения в данной сфере за счет ...;

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богданов А. Л., Дуля И. С. Сентимент-анализ коротких русскоязычных текстов в социальных медиа // Вестник Томского государственного университета. Экономика. — 2019. — № 47. — С. 220–241. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sentiment-analiz-korotkih-russkoyazychnyh-tekstov-v-sotsialnyh-media> (дата обращения: 15.12.2021).
2. Майорова Е. В. О сентимент-анализе и перспективах его применения // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 6, Языкознание: Реферативный журнал. — 2020. — № 4. — С. 78–87. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-sentiment-analize-i-perspektivah-ego-primeneniya> (дата обращения: 15.12.2021).
3. Sharma A. Natural Language Processing and Sentiment Analysis // International Research Journal of Computer Science. — 2021. — Vol. 8. — P. 237–242. — URL: https://www.researchgate.net/publication/355927843_NATURAL_LANGUAGE_PROCESSING_AND_SENTIMENT_ANALYSIS (дата обращения: 15.12.2021).
4. Колмогорова А. В. Использование текстов жанра «Интернет-откровение» в контексте решения задач сентимент-анализа // Вестник НГУ. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. — 2019. — № 3. — С. 71–82. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tekstov-zhanra-internet-otkrovenie-v-kontekste-resheniya-zadach-sentiment-analiza> (дата обращения: 15.12.2021).
5. Самигулин Т. Р., Джурбаев А. Э. У. Анализ тональности текста методами машинного обучения // Научный результат. Информационные технологии. — 2021. — № 1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-tonalnosti-teksta-metodami-mashinnogo-obucheniya> (дата обращения: 15.12.2021).

6. Pradha S., Halgamuge M. N., Vinh N. T. Q. Effective Text Data Preprocessing Technique for Sentiment Analysis in Social Media Data // 2019 11th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE). — 2019. — P. 1–8. — URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effective-Text-Data-Preprocessing-Technique-for-in-Pradha-Halgamuge/2efa3f13d09ac7954bddd4b7a190c47d144c533f> (дата обращения: 16.12.2021).
7. Sentiment analysis using logistic regression algorithm / Y. Jaswanth, R. M. S. Kumar, R. M. Sudhan [et al.] // European Journal of Molecular & Clinical Medicine. — 2020. — Vol. 7. — URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Sentiment-analysis-using-logistic-regression-Jaswanth-Kumar/1af4aaa6670a8bf62460ef69476ead4f984993af> (дата обращения: 15.12.2021).
8. Sentiment analysis for mining texts and social networks data: Methods and tools / C. Zucco, B. Calabrese, G. Agapito [et al.] // Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery. — 2020. — Vol. 10. — URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Sentiment-analysis-for-mining-texts-and-social-and-Zucco-Calabrese/8e3f93b6dd166db7843c4c8cbc2393a8e177d455> (дата обращения: 16.12.2021).
9. Двойникова А. А., Карпов А. А. Аналитический обзор подходов к распознаванию тональности русскоязычных текстовых данных // Информационно-управляющие системы. — 2020. — С. 20–30. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiticheskiy-obzor-podhodov-k-raspoznavaniyu-tonalnosti-russkoyazychnyh-tekstovyh-dannyh> (дата обращения: 16.12.2021).
10. Khalil E., El Houby E., Mohamed H. Sentiment Analysis Tasks and Approaches // International Journal of Computer Science and Information Security. — 2021. — Vol. 19. — URL: <https://www.researchgate.net/publication/>

356068600_Sentiment_Analysis_Tasks_and_Approaches (дата обращения: 15.12.2021).

11. Sentiment Analysis Techniques for Social Media Data: A Review / D. Sharma, M. Sabharwal, V. Goyal [et al.] // First International Conference on Sustainable Technologies for Computational Intelligence. — 2020. — P. 75–90. — URL: https://www.researchgate.net/publication/336988754_Sentiment_Analysis_Techniques_for_Social_Media_Data_A_Review (дата обращения: 16.12.2021).
12. Smetanin S. The Applications of Sentiment Analysis for Russian Language Texts: Current Challenges and Future Perspectives // IEEE Access. — 2020. — Vol. 08. — P. 110693–1110719. — URL: https://www.researchgate.net/publication/342193894_The_Applications_of_Sentiment_Analysis_for_Russian_Language_Texts_Current_Challenges_and_Future_Perspectives (дата обращения: 16.12.2021).
13. Berka P. Sentiment analysis using rulebased and casebased reasoning // Journal of Intelligent Information Systems. — 2020. — Vol. 55. — P. 51–66. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10844-019-00591-8#citeas> (дата обращения: 16.12.2021).
14. Pathak A., Sharma S., Pandey R. A Methodological Survey on Sentiment Analysis Techniques and Their Applications in Opinion Mining // International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development. — 2021. — Vol. 1. — P. 37–45. — URL: https://www.researchgate.net/publication/349154400_A_METHODOLOGICAL_SURVEY_ON_SENTIMENT_ANALYSIS_TECHNIQUES_AND_THEIR_APPLICATIONS_IN_OPINION_MINING (дата обращения: 15.12.2021).
15. Sentiment analysis of online product reviews using Lexical Semantic Corpus-Based technique / R. Aminuddin, A. Z. Zulkefli, N. A. Mokhtar [et al.] // 2021 IEEE 11th IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE). — 2021. — P. 233–238. — URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Sentiment->

- analysis-of-online-product-reviews-using-Aminuddin-Zulkefli/0ca4c7449a42b64f16aaf4bdce433a2b16953a2e (дата обращения: 16.12.2021).
16. Mehta P., Pandya D. A Review On Sentiment Analysis Methodologies, Practices And Applications // International Journal of Scientific & Technology Research. — 2020. — Vol. 9. — P. 601–609. — URL: https://www.researchgate.net/publication/344487215_A_Review_On_Sentiment_Analysis_Methodologies_Practices_And_Applications (дата обращения: 16.12.2021).
 17. Berrar D. Bayes' Theorem and Naive Bayes Classifier. — 2018. — URL: https://www.researchgate.net/publication/324933572_Bayes%27_Theorem_and_Naive_Bayes_Classifier (дата обращения: 15.12.2021).
 18. Alvi N., Talukder K. H. Sentiment Analysis of Bengali Text using CountVectorizer with Logistic Regression // 2021 12th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT). — 2021. — P. 01–05. — URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Sentiment-Analysis-of-Bengali-Text-using-with-Alvi-Talukder/fecffbf1db85b91fc598fd395817685fff6b3df1> (дата обращения: 16.12.2021).
 19. Gritta M. A Comparison of Techniques for Sentiment Classification of Film Reviews // CoRR. — 2019. — URL: <http://arxiv.org/abs/1905.04727> (дата обращения: 16.12.2021).
 20. N-Gram and K-Nearest Neighbor Algorithm for Sentiment Analysis on Capital Relocation / M. Ramadhon, A. Arini, F. Mintarsih [et al.] // International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM). — 2021. 09. — P. 1–6. — URL: https://www.researchgate.net/publication/356149710_N-Gram_and_K-Nearest_Neighbor_Algorithm_for_Sentiment_Analysis_on_Capital_Relocation (дата обращения: 16.12.2021).