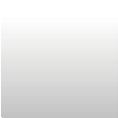
Прикладной интеллект (2021) 51:8484–8497 https://doi.org/10.1007/s10489-021-02348-9

**ОРИГИНАЛ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ**



**Автоматическая генерация пар вопрос-ответ и механизм подобия вопросов в системе ответов на вопросы**

**Шивани Г. Айтал1**· **Абишек Б. Рао1**· **Санджай Сингх1**

Принято: 11 марта 2021 / Опубликовано онлайн: 7 апреля 2021 © Автор(ы) 2021

# Абстрактный

С быстрым ростом информации за последние несколько лет получение полной выгоды становится все более важным. Система ответов на вопросы является одним из перспективных методов доступа к такому количеству информации. Системе ответов на вопросы не хватает здравого смысла и силы рассуждений людей, и она не может идентифицировать вопросы, на которые нет ответа, и нерелевантные вопросы. На эти вопросы отвечают, делая ненадежные и неправильные догадки. В этом документе мы рассмотрим это ограничение, предложив механизм подобия вопросов. Перед тем, как задать вопрос системе вопрос-ответ, он сравнивается с возможными сгенерированными вопросами данного абзаца, а затем генерируется оценка сходства вопросов. Механизм подобия вопросов эффективно выявляет вопросы, на которые нет ответа и которые не имеют отношения к делу. Предлагаемый механизм подобия вопросов включает в себя человеческий способ рассуждения для выявления вопросов, на которые нет ответа и которые не имеют отношения к делу. Этот механизм может вообще избежать того, чтобы неотвеченные и неуместные вопросы были поставлены системе ответов на вопросы. Это помогает системам ответов на вопросы сосредоточиться только на ответах на вопросы, чтобы улучшить их производительность. Наряду с этим мы представляем приложение Системы ответов на вопросы, которое генерирует пары вопрос-ответ заданный отрывок и полезно в нескольких областях.

**Ключевые слова** Ответы на вопросы · Генерация вопросов · Сходство вопросов · Универсальный кодировщик предложений ·

Понимание вопросов

# Знакомство

Система ответов на вопросы (QAS) играет важную роль в получении вопросов и автоматическом ответе на них с использованием информационной системы знаний. Эта статья сочетает в себе сущность генерации вопросов, понимания вопросов и ответов на вопросы, чтобы преодолеть ограничения системы ответов на вопросы.

|  |
| --- |
| Санджай Сингх  sanjay.singh@manipal.edu  Шивани Г. Айтал kshivaniaithal19@gmail.com  Абишек Б Рао abishekbrao1996@gmail.com  1Департамент информации и коммуникации  Технология, Технологический институт Манипала, MAHE,  манипал 576104, Индия |

Система ответов на вопросы существовала еще в 1960-х годах. Первой в мире введенной системой ответов на вопросы был БЕЙСБОЛ [16]. Он был построен с последовательностью рукописных правил, а все бейсбольные фигуры хранились в базе данных, накопленной за год. Позже LUNAR [42] был представлен во время миссии «Аполлон», чтобы ответить на вопросы. Эта система была построена, чтобы ответить на геологические закономерности Луны и другую связанную информацию о миссии APOLLO. Индивидуальный характер этой системы приводит к генерации высокоточных ответов.

По мере развития исследования система ответов на вопросы начала завоевывать все большее доверие из-за вспышек данных. Системы обработки естественного языка (NLP) были введены для достижения реалистичного понимания языка [18]. Используя концепцию НЛП, в течение последних четырех десятилетий были проведены значительные исследования в системах ответов на вопросы. Ранними примерами первичных систем НЛП являются ELIZA [40], SHRDLU [41], которые были разработаны для понимания языка между людьми и машинами. Хотя Элиза была ближе к человеческому разговору, но была гораздо менее умна и почти ничего не знала. SHRDLU, с другой стороны, смог рассуждать о мире блоков. Хотя разговор был ограничен миром блока, поэтому он не был убедительно похожим на человека, он знает, о чем говорит.

Laterintheyear, 2011IBMWatson [15] привлек всемирное внимание, который использует НЛП для анализа человеческой речи на предмет смысла и синтаксиса. Давным-давно его обычно называли мозгом. В последние годы поисковые системы (Google), чат-боты (SIRI, ALEXA и CORTANA) становятся лучше выходить за рамки, отвечая на точный ответ на наш вопрос. Система ответов на вопросы также претерпела значительные изменения в архитектуре от базовой рекуррентной нейронной сети (RNN) до трансформаторов [8, 12] на протяжении многих лет.

Система ответов на вопросы классифицируется на Систему ответов на вопросы с открытым доменом и Систему ответов на вопросы с закрытым доменом [24]. Открытые системы ответов на вопросы, такие как [10, 17], могут обрабатывать практически любые вопросы, основанные на знаниях мира. Этот тип системы ответов на вопросы имеет доступ к большему количеству данных для извлечения ответа. Системы ответов на вопросы в закрытых доменах являются предметно-ориентированными [2, 9, 45]. Закрытыеdomain системы ответов на вопросы либо из предварительно структурированной базы данных, либо из коллекции предметно-ориентированных документов на естественном языке.

Согласно исследованиям [32, 33], точность ответа человека на вопрос составляет 89,45%, а точность современной системы ответов на вопросы составляет 93,01%. Хотя точность системы превышает точность человека, такой системе вопросов и ответов не хватает способности рассуждать, как это делают люди [30, 34, 44], чтобы идентифицировать вопросы и понять их. Набор данных SQUAD 2.0 [31] предоставляет вопросы без ответа с правдоподобными ответами; однако выявление вопроса, на который нет ответа, остается сложной задачей. Лимитациями системы ответов на вопросы являются:

* **Вопросы без ответа:** Вопрос, который является неправильным и связанным с контекстом, задается Системе ответов на вопросы. Система ответов на вопросы, которая превзошла человеческую точность, должна знать, что на вопрос нет ответа и не должна генерировать ответ. Однако модели наборов данных SQUAD 1.1 отвечают на такие неотвратимые вопросы ненадежными догадками по вопросам, на которые не указан правильный ответ. Это указывает на то, что этим моделям не хватает рационального способа рассуждения. Несмотря на то, что набор данных SQUAD 2.0 ввел в набор данных вопросы, на которые нет ответа, выявление вопросов, на которые нет ответа, остается нерешенным.
* **Нерелевантные вопросы:** Когда система ответов на вопросы ставится с нерелевантными вопросами, которые вырваны из контекста, система по-прежнему генерирует понятный, но бессмысленный ответ. С другой стороны, люди не дают таких бессмысленных ответов; вместо этого они определят, что вопрос не имеет отношения к делу и вырван из контекста.

В настоящем документе представлены следующие материалы:

1. Автоматически генерировать возможные пары вопрос-ответ, заданный отрывок.
2. Мы вводим механизм подобия вопросов, где он будет выявлять неотвратимые и нерелевантные вопросы.
3. Мы объединяем систему генерации вопросов с системой ответов на вопросы, чтобы создать приложение под названием Автоматическая система генерации пар вопрос-ответ.

Остальная часть документа организована следующим образом. В разделе 2 представлена соответствующая работа по системам ответов на вопросы. В разделе 3 рассказывается об автоматической генерации пар вопрос-ответ и механизме подобия вопросов. В разделе 4 приведены подробные сведения об используемых наборах данных и экспериментах. Экспериментальные результаты представлены в разделе 5, а в разделе 6 обсуждаются результаты. Наконец, в разделе 7 мы завершаем этот документ.

# Работы по теме

В последние годы предлагается несколько работ для решения мировых знаний путем объединения поисковых факторов на основе биграммового хеширования, сопоставления TF-IDF [7] и понимания машинного чтения [22, 29]. Это принесло Системе ответов на вопросы хорошее начало. Самым последним QAS является двунаправленное кодирование представлений из трансформаторов (BERT) [11]. Он использует нейронные модели, такие как трансформаторы, для предварительного обучения больших массивов данных. Такое последнее уточнение привело к значительным успехам в задачах НЛП, таких как ответы на вопросы, обобщение текста и многие проблемы классификации. Помимо BERT, для широкого спектра применений исследователи в последнее время продемонстрировали эффективность нейронных моделей, использующих предварительное моделирование языка, взяв BERT в качестве базовой модели. Объединив различные нейронные архитектуры с языковой моделью BERT и используя ее встраивания, были достигнуты передовые результаты в английском языке [5]. Модель BERT с продвижением исследования, несколько систем, таких как сквозная интерактивная система чат-ботов, такая как BERTserini [43], более легкая версия BERT под названием ALBERT [21] и универсальная языковая модель под названием DistilBERT [36].

Модель обучается на определенном наборе данных после предварительного обучения с большим корпусом данных, чтобы ответить на вопросы либо в системе ответов на вопросы в открытой, либо в закрытой области. Существует несколько наборов данных для систем ответов на вопросы, таких как набор данных CuratedTREC [1], набор данных WebQuestions [3], которые отвечают на вопросы из Freebase [4], и набор данных Stanford Question Answering Dataset (SQuAD) [33], который основан на источнике знаний Википедии.

SQuAD является одним из наиболее значительных наборов данных с открытым доменом, доступных в настоящее время среди всех этих наборов данных. Там два

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 1** Примеры, показывающие неотвеченные и нерелевантные вопросы, приводящие к неправильным ответам   |  |  | | --- | --- | | СОСТАВ 2.0 |  | | Проход | Из Италии болезнь распространилась на северо-запад по всей Европе, поразив Францию, Испанию, Португалию и Англию к июню 1348 года, затем повернулась и распространилась на восток через Германию и Скандинавию с 1348 по 1350 год. Он был введен в Норвегии в 1349 году, когда корабль высадился в Аское, а затем распространился на Бьоргвин (современный Берген) и Исландию. Наконец, он распространился на северо-запад России в 1351 году. Чума была несколько менее распространена в некоторых частях Европы, которые имели меньшие торговые отношения со своими соседями, включая Королевство Польское, большую часть Страны Басков, изолированные части Бельгии и Нидерландов и изолированные альпийские деревни по всему континенту. | | Q1: Вопрос без ответа | В каком месяце и году болезнь распространилась на Королевство Польское? | | Вывод модели BERT (неправильный) | июнь 1348 | | Вопрос 2: Нерелевантный вопрос | Какая компания является крупнейшей в Великобритании цифровой подписной телевизионной компанией? | | Вывод модели BERT (неправильный) | который | |

версии набора данных SQuAD: SQuAD 1.1 [33] и SQuAD 2.0 [32]. Набор данных SQuAD 2.0 содержит вопросы без ответа с правдоподобными ответами в дополнение к набору данных SQuAD 1.1.

Однако, как видно из таблицы 1, когда системе задаются вопросы, на которые не отвечают и не имеют отношения к делу, модель будет делать ненадежные и неправильные догадки и ответы на такие вопросы.

Наряду с системой ответов на вопросы (QAS), система генерации вопросов (QGS) играет жизненно важную роль в том, чтобы модель понимала вопрос и отвечала на него. Согласно Sun et al. [39], существует связь между ответами на вопросы и генерацией вопросов. Задача генерации вопросов преследовала множество целей обучения. Такие работы, как [13, 25, 37], не фиксируют долгосрочные зависимости, а концентрируются на самых последних токенах. Несмотря на то, что эти работы дают хороший результат, эти работы не охватывают долгосрочные зависимости [19, 22]. Работа, предложенная Qi et al. [29] имеет будущую n-грамму в качестве учебной цели, обеспечивая тем самым отличные результаты в задачах генерации вопросов.

Когда мы тщательно протестировали систему ответов на вопросы, имея в виду, как генерируется ответ, было обнаружено, что понимание вопросов играет значительную роль в системе ответов на вопросы [38]. Кроме того, такие системы, как [46], вводят модель «пара-последовательность», которая фиксирует взаимодействие между заданным вопросом и данным абзацем. Конкретные системы, такие как ParaQG [20], пытаются генерировать вопросы из абзаца. Такие системы, как [35], подбирают ключевые слова из вопроса и абзаца и сопоставляют их с помощью RNN. Pota et al., [27] использовали сверточные нейронные сети (CNN) для классификации вопросов. Классификация вопросов играет на жизненно важном извлечении правильного ответа в Системе ответов на вопросы. Метод, предложенный Esposito et al., [14], извлекает наиболее релевантные термины из вопросов, а затем эти слова помещаются в контекст. Эта коллекция документов позже используется в системе контроля качества. Некоторые другие работы, такие как [28], используют теги Part of Speech (POS) на основе глубокой нейронной сети. Здесь POS помечается на уровне символов, а затем в конечном итоге подается в Bi-LSTM. Этот метод обрабатывает редкие и внекабулярные слова, а также общие и известные слова.

# Методология

|  |
| --- |
| **Рис.1** Блок-схема, изображающая систему генерации пар вопрос-ответ |

В этом разделе представлена автоматическая система генерации пар вопрос-ответ, комбинация системы ответов на вопросы и системы генерации вопросов. Чтобы устранить ограничения системы ответов на вопросы, мы предлагаем механизм подобия вопросов. Возможные сгенерированные вопросы взяты из современной системы генерации вопросов под названием ProphetNet [29], а поставленный вопрос взят из набора данных SQuAD 2.0. Механизм подобия вопросов вычисляет косинусное сходство между возможными генерируемыми вопросами из данного абзаца и поставленным вопросом.

## Автоматическая система генерации пар вопрос-ответ

Автоматическая система генерации пар вопрос-ответ использует предварительно обученные веса современной системы генерации вопросов под названием ProphetNet [29] для генерации вопросов и модель BERT [11] для генерации ответов на сгенерированные вопросы.

Как показано на рисунке 1, во-первых, мы обеспечиваем пропуск как к системе генерации вопросов, так и к системе ответов. Как только система генерации вопросов генерирует возможный набор вопросов на основе диапазонов ответов, которые находятся по существительному и глагольным фразам в отрывке, сгенерированные вопросы передаются системе ответов на вопросы. Система ответов на вопросы, основанная на прохождении и наборе сгенерированных вопросов, генерирует ответы. Наконец, мы получаем пары вопрос-ответ из этой системы.

## Механизм подобия вопросов

В дополнение к автоматическому созданию пар вопрос-ответ, если системе задаются дополнительные вопросы, такие вопросы идентифицируются либо как ответные, либо как неотвеченные и нерелевантные перед передачей их в Систему ответов на вопросы. Чтобы определить вопросы, мы вводим механизм, называемый механизмом подобия вопросов. Этот механизм вычисляет косинусное сходство между сгенерированными вопросами и поставленным вопросом.

2, отрывок первоначально передается в Систему генерации вопросов для генерации возможного набора вопросов в данном абзаце на основе диапазонов ответов, полученных от существительных и глагольных фраз.

Пусть GQ и QP будут набором сгенерированных вопросов и вопросом, поставленным с | GQ|=m и | QP|=1. Встраивание предложений для сгенерированных вопросов получено с помощью UniversalSentenceEncoder[6], который дает лучшие результаты, чем предварительно обученные встраивания слов, такие как созданные GloVe [26] и word2vec [23], и это дается,

XSEGQ = {EGQ(i) ∈ R512; i = 1,...,м}. (1)

|  |
| --- |
| **Рис.2** Блок-схема для определения вопросов, на которые нет ответа или которые не имеют отношения к делу |

где,

* XSEGQ - это набор встраиваний предложений (SE) для сгенерированных вопросов (GQ), и
* EGQ — это встраивание предложений для каждого сгенерированного вопроса (GQ).

Аналогичным образом, мы получаем встраивание предложения для вопроса, поставленного как

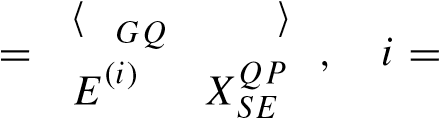
XSEQP = EQP(i) ∈ R512; i = 1. (2)

где,

* XSEQP - это набор встраиваний предложений (SE) для поставленных вопросов (QP), и
* EQP — это встраивание предложений для каждого поставленного вопроса (QP).

Косинусное сходство между сгенерированными вопросами и поставленным вопросом вычисляется в соответствии с (3).

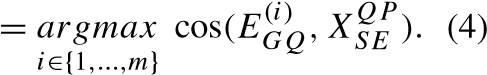
Косинусное сходство(EGQ(i) ,XSEQP ) = cos(EGQ(i) ,XSEQP )

E(i) ,XSEQP 1,...,m(3) || ГК||||||

где EGQ(i) , XSEQP обозначает внутреннее произведение EGQ(i) , и

XSEQP .

Чтобы рассчитать оценку подобия вопросов (QSS), нам необходимо определить вопрос среди сгенерированных вопросов, косинусное сходство которых наиболее велико по отношению к поставленному вопросу. Мы называем его *вопросом с наивысшим показателем сходства*, и он получается (4).

Вопрос о наивысшем уровне сходства 

Теперь оценка сходства вопросов между сгенерированным вопросом (идентифицированным в соответствии с (4)) и поставленным вопросом задается,

Показатель подобия вопроса(EGQ(j) ,XSEQP) = cos(EGQ(j) ,XSEQP)

(5)

(j) QP

где EGQ и XSE — встраивание предложений для jth-сгенерированных вопросов (полученных (4)) и поставленного вопроса соответственно.

## Поставленный вопрос

Система ответов на вопросы состоит из нескольких типов вопросов. Вопросы классифицируются на вопросы, на которые нет ответа, которые не имеют отношения к делу или на которые можно ответить.

* Без ответа: Когда контекст доступен в отрывке, но пользователь ставит вопрос очень сложным способом, на который не отвечает система ответов на вопросы, этот вопрос помечается как вопрос без ответа.
* Нерелевантный: Когда пользователь задает вопрос, который вырван из контекста с данным отрывком, этот вопрос помечается как нерелевантный.
* Ответ: Он определяется как вопрос, контекст которого доступен в данном отрывке, и на этот вопрос отвечает система ответов на вопросы.

## Оценка сходства вопросов

Механизм подобия вопросов используется в качестве фильтра вопросов к Системе ответов на вопросы. Этот механизм идентифицирует и фильтрует вопросы, на которые нет ответа, нерелевантные и отвечающие на них на основе порогового значения. Диапазон порогового значения QSS и соответствующая метка поставленного вопроса приведены в таблице 2.

В нашем эксперименте 1000 вопросов выбираются для вопросов без ответа, нерелевантных вопросов и ответных вопросов из набора данных SQuAD 2.0. Мы обнаружили, что нерелевантные вопросы имеют оценки сходства вопросов в диапазоне от 0,00 до 0,50, а вопросы без ответа имеют свои оценки сходства вопросов в диапазоне от 0,50 до 0,80. Кроме того, мы экспериментировали, чтобы проверить оценки сходства вопросов для ответных вопросов и обнаружили, что оценки сходства вопросов находятся в диапазоне от 0,85 до 1,00. Итак, мы устанавливаем пороговые значения в диапазоне 0,00 − 0,50, если поставленный вопрос *нерелевантен*, 0,50 − 0,85, если поставленный вопрос *неотвечен*, и 0,85−1,00, если поставленный вопрос является *ответным* вопросом. Если поставленный вопрос пересекает пороговое значение, он идентифицируется как отвечающий или релевантный вопрос и передается в систему ответов на вопросы, чтобы получить ответ на этот вопрос. Если поставленный вопрос не превышает порога, то в соответствии с таблицей 2 он определяется либо как нерелевантный, либо как не подлежащий ответу.

# Данные и эксперименты

Для экспериментов используются следующие данные:

1. Мы использовали набор данных SQuAD 2.0 [32] для наших экспериментов. Он состоит из 50 000 дополнительных вопросов к набору данных SQuAD 1.1 [33], который содержит 100 000 ответных вопросов.

**Таблица 2**

|  |  |
| --- | --- |
| Оценка сходства вопросов | Метка поставленного вопроса |
| 0,00 − 0,50 | Нерелевантный вопрос |
| 0,50 − 0,85 | Вопрос, на который нет ответа |
| 0,85 − 1,00 | Ответный вопрос |

Когда показатель подобия вопроса (QSS) находится в определенном диапазоне, ему присваивается соответствующая метка.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Таблица 3** Эта таблица иллюстрирует возможные сгенерированные вопросы из отрывка, который случайным образом взят из набора данных SQUAD 2.0   |  |  | | --- | --- | | СОСТАВ 2.0 |  | | Пассаж 1 | В конце 17 века Роберт Бойль доказал, что воздух необходим для горения. Английский химик Джон Мэйоу (1641-1679) усовершенствовал эту работу, показав, что огонь требует только части воздуха, которую он назвал spiritus nitroaereus или просто nitroaereus. В одном эксперименте установлено, что помещение мыши или зажженной свечи в закрытый контейнер над водой заставляло воду подниматься и заменять одну четырнадцатую объема воздуха перед тушением испытуемых.  Исходя из этого, он предположил, что нитроаэреус потребляется как при дыхании, так и при горении. | | Возможные сгенерированные вопросы | G1. Когда Роберт Бойл доказал, что воздух необходим для горения?  G2. кто доказал, что воздух необходим для горения?  G3. Как Роберт Бойл доказал, что воздух необходим для горения?  G4. Для чего Роберт Бойл доказал, что воздух необходим?  G5. Кто усовершенствовал творчество Бойла?  G6. Как Джон Мэйоу улучшил работу Бойла?  G7. Что Джон Мэйоу улучшил в работе Бойла?  G8. Как Джон Мэйоу усовершенствовал работу Бойла?  G9. Джон Мэйоу усовершенствовал работу Бойла, чтобы показать, что для чего требуется только часть воздуха?  G10. Какую часть воздуха требует огонь?  G11. Что показала майя, которую требует огонь?  G12. Что Джон Мэйоу назвал той частью воздуха, которую требует огонь?  G13. Какой тип эксперимента использовала майя, чтобы доказать, что воздух необходим для горения?  G14. Что майо делал с мышью или свечой в закрытом контейнере?  G15. вместе с мышью, что майо поместило в закрытую емкость над водой?  G16. В какой контейнер майо поместил мышь или свечу?  G17. Во что майя поместила мышь или свечу, чтобы погасить их?  G18. Каков был эффект от размещения мыши или свечи в закрытом контейнере над водой?  G19. Что обнаружил майо, поместив мышь или свечу в закрытую емкость над водой?  G20. Что, по мнению Майо, вода делала с одной четырнадцатой объема воздуха, прежде чем погасить мышей?  G21. Какую часть объема воздуха заменила вода перед тушением мышей или свечи?  G22. Джон Мэйоу обнаружил, что вода заменила одну-четырнадцатую из того, что в воздухе?  G23. что майя сделала с мышами или свечой? G24. кто погасил майю в своем эксперименте?  G25. как Майо узнал, что нитроаэреус потребляется как при дыхании, так и при горении?  G26. Что майо называет той частью воздуха, которая расходуется как при дыхании, так и при горении?  G27. Что такое нитроаэреус, как полагают, в дыхании и горении?  G28. Джон Мэйоу предположил, что нитроаэреус потребляется при каком типе горения? |   Система генерации вопросов ProphetNet [1] используется для генерации всех возможных вопросов от G1до G28 из данного отрывка |

1. Предварительно обученные веса современной системы генерации вопросов под названием ProphetNet [29] для генерации вопросов для данного абзаца.
2. Предварительно обученные веса системы ответов на вопросы BERT [11], которая точно настроена на набор данных SQuAD 1.1 [33].
3. Предварительно обученный универсальный кодировщик предложений (USE) [6] для генерации встраивания предложений для вопросов (таблицы 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10).

# Результаты

## Автоматическая система генерации пар вопрос-ответ

В этом подразделе показаны результаты, полученные системой автоматической генерации пар вопрос-ответ. Мы сгенерировали автоматические пары вопрос-ответ для 100 проходов из набора данных SQuAD 2.0 [7]. Таблицы 3, 6

**ble 4** Эта таблица иллюстрирует сгенерированные пары вопрос-ответ из данного отрывка

Пассаж 1: В конце 17 века Роберт Бойль доказал, что воздух необходим для горения. Английский химик Джон Мэйоу (1641-1679) усовершенствовал эту работу, показав, что огонь требует только части воздуха, которую он назвал spiritus nitroaereus или просто nitroaereus. В одном эксперименте он обнаружил, что помещение мыши или зажженной свечи в закрытый контейнер над водой заставляло воду подниматься и заменять одну четырнадцатую объема воздуха, прежде чем погасить испытуемых. Исходя из этого, он предположил, что нитроаэреус потребляется как при дыхании, так и при горении.

|  |  |
| --- | --- |
| G1. Когда Роберт Бойл доказал, что воздух необходим для горения? | А1. конец 17 века |
| G2. кто доказал, что воздух необходим для горения? | А2. Роберт Бойл |
| G3. Как Роберт Бойл доказал, что воздух необходим для горения? | A3. Помещение мыши или зажженной свечи в закрытый контейнер над водой привело к тому, что вода поднялась и заменила одну четырнадцатую часть объема воздуха перед тушением испытуемых. |
| G4. Для чего Роберт Бойл доказал, что воздух необходим? | А4. горение |
| G5. Кто усовершенствовал творчество Бойла? | А5. Джон Мэйоу |
| G6. Как Джон Мэйоу улучшил работу Бойла? | A6. показывая, что огонь требует только части воздуха |
| G7. Что Джон Мэйоу улучшил в работе Бойла? | A7. показывая, что огонь требует только части воздуха |
| G8. Как Джон Мэйоу усовершенствовал работу Бойла? | A8. показывая, что огонь требует только части воздуха |
| G9. Джон Мэйоу усовершенствовал работу Бойла, чтобы показать, что для чего требуется только часть воздуха? | А9. Пожар |
| G10. Какую часть воздуха требует огонь? | А10. spiritus nitroaereus |
| G11. Что показала майя, которую требует огонь? | A11. часть воздуха |
| G12. Что Джон Мэйоу назвал той частью воздуха, которую требует огонь? | А12. spiritus nitroaereus |
| G13. Какой тип эксперимента использовала майя, чтобы доказать, что воздух необходим для горения? | A13. Помещение мыши или зажженной свечи в закрытый контейнер над водой |
| G14. Что майо делал с мышью или свечой в закрытом контейнере? | A14. заставлял воду подниматься и заменять одну четырнадцатую объема воздуха перед тушением испытуемых. |
| G15. вместе с мышью, что майо поместило в закрытую емкость над водой? | A15. зажженная свеча |
| G16. В какой контейнер майю поместил мышь или свечу? | А16. закрытый |
| G17. Во что майя поместила мышь или свечу, чтобы погасить их? | A17. закрытый контейнер над водой |
| G18. Каков был эффект от размещения мыши или свечи в закрытом контейнере над водой? | A18. заставлял воду подниматься и заменять одну четырнадцатую объема воздуха перед тушением испытуемых. |
| G19. Что обнаружил майо, поместив мышь или свечу в закрытую емкость над водой? | A19. заставлял воду подниматься и заменять одну четырнадцатую объема воздуха перед тушением испытуемых. |
| G20. Что, по мнению Майо, вода делала с одной четырнадцатой объема воздуха, прежде чем погасить мышей? | А20. подъем и замена |
| G21. Какую часть объема воздуха заменила вода перед тушением мышей или свечи? | А21. один - четырнадцатый |
| G22. Джон Мэйоу обнаружил, что вода заменила одну-четырнадцатую из того, что в воздухе? | А22. том |
| G23. что майя сделала с мышами или свечой? | А23. тушение предметов |
| G24. кто погасил майю в своем эксперименте? | А24. Предметы |
| G25. как Майо узнал, что нитроаэреус потребляется как при дыхании, так и при горении? | A25. Помещение мыши или зажженной свечи в закрытый контейнер над водой приводило к тому, что вода поднималась и заменяла одну четырнадцатую часть объема воздуха перед тушением испытуемых. |
| G26. Что майо называет той частью воздуха, которая расходуется как при дыхании, так и при горении? | A26. spiritus nitroaereus или просто nitroaereus. |
| G27. Что такое нитроаэреус, как полагают, в дыхании и горении? | А27. Потребляется |
| G28. Джон Мэйоу предположил, что нитроаэреус потребляется при каком типе горения? | А28. дыхание |

Вопросы, генерируемые системой генерации вопросов, далее передаются системе ответов на вопросы с использованием BERT[24], которая находит ответы от A1до A28 для всех сгенерированных вопросов.

**Таблица 5** В этой таблице показано, как метод сходства вопросов определяет вопросы, на которые нет ответа или нерелевантные вопросы, и устраняет ограничения

Контроль качества

Пассаж 1: В конце 17 века Роберт Бойль доказал, что воздух необходим для горения. Английский химик Джон Мэйоу (1641-1679) усовершенствовал эту работу, показав, что огонь требует только части воздуха, которую он назвал spiritus nitroaereus или просто nitroaereus. В одном эксперименте он обнаружил, что помещение мыши или зажженной свечи в закрытый контейнер над водой заставляло воду подниматься и заменять одну четырнадцатую объема воздуха, прежде чем погасить испытуемых. Исходя из этого, он предположил, что нитроаэреус потребляется как при дыхании, так и при горении.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Поставленный вопрос (QP) | Оценка сходства вопросов (самая высокая) | Этикетка вопроса | Ответ от BERT |
| QP1: Какой английский химик показал, что огонь нуждается только в нитроаереусе? | (G2,QP1) = 0,68 | Неопровержимый | Джон Мэйоу |
| QP2: На сколько квадратных миль в целом регион пострадал от засухи 2010 года? | (G22,QP2) = 0,44 | Неуместный | сколько квадратных миль |
| QP3: кто доказал, что воздух необходим для горения? | (G2,QP3) = 1,0 | Ответственный | Роберт Бойл |

В первом столбце указывается поставленный вопрос. Во втором столбце указывается самый высокий балл сходства вопросов между поставленным вопросом и сгенерированными вопросами. Третья колонка указывает, является ли вопрос ответным/неотвеченным/нерелевантным на основе самого высокого балла сходства вопросов, сравнивая его с пороговым значением (0,85). Четвертая колонка указывает ответы, сгенерированные на поставленные вопросы, минуя вопрос в системе ответов на вопросы BERT

|  |  |
| --- | --- |
| и 9 показывают все возможные вопросы, порожденные отрывками по системе генерации вопросов. Эти вопросы далее передаются системе ответов на вопросы и отрывку для генерации ответов на возможные сгенерированные вопросы. В таблице 4, таблице 7 и таблице 10 показаны пары ответов на вопросы, генерируемые автоматической системой генерации пар вопрос-ответ. При ручном чтении обнаруживается, что | генерируемые пары вопрос-ответ имеют хорошее качество (таблица 11).  **5.2 Механизм подобия вопросов**  В данном подразделе представлены результаты предлагаемого механизма подобия вопросов. Когда задается вопрос |

**Таблица 6** Эта таблица иллюстрирует возможные сгенерированные вопросы из отрывка, который случайным образом взят из набора данных SQUAD 2.0

|  |  |
| --- | --- |
| СОСТАВ 2.0 |  |
| Пассаж, 2 | Наличие Библии на местных языках было важно для распространения протестантского движения и развития реформатской церкви во Франции. Страна имела долгую историю борьбы с папством к тому времени, когда наконец наступила протестантская Реформация. Около 1294 года французская версия Писания была подготовлена римско-католическим священником Гюйяром де Муленом. Двухтомная иллюстрированная версия перефразирования фолианта, основанная на его рукописи Жана де Реля, была напечатана в Париже в 1487 году. |
| Вопросы , сгенерированные possible | G1. Что было важно для протестантского движения во Франции?  G2. почему Франция боролась с папством до протестантской Реформации?  G3. Что у Франции была долгая история с папством?  G4. Франция имела долгую историю борьбы с какой группой к тому времени, когда что, наконец, прибыло?  G5. Когда протестантская Реформация пришла во Францию?  G6. Что приготовил Гайяр де Мулен около 1294 года?  G7. Что Гюяр де Мулен сделал с французской версией Библии?  G8. Какой религией была мельница гайард?  G9. кто подготовил французскую версию Священных Писаний около 1294 года?  G10. что было напечатано в Париже в 1487 году?  G11. на какой рукописи была основана версия Библии Жана де Реля?  G12. На чем была основана версия Жана де Реля?  G13. кто создал иллюстрированное фолио-парафразную версию Библии в 1487 году?  G14. Как была опубликована версия Библии Жана де Реля?  G15. где была напечатана версия Библии Жана де Реля? |

Система генерации вопросов под названием ProphetNet[1] используется для генерации всех возможных вопросов от G1до G15 из данного отрывка.

**ble 7** Эта таблица иллюстрирует сгенерированные пары вопрос-ответ из данного отрывка

**Отрывок 2:** Наличие Библии на местных языках было важно для распространения протестантского движения и развития реформатской церкви во Франции. Страна имела долгую историю борьбы с папством к тому времени, когда наконец наступила протестантская Реформация. Около 1294 года французская версия Писания была подготовлена римско-католическим священником Гюйяром де Муленом. Двухтомная иллюстрированная версия перефразирования фолианта, основанная на его рукописи Жана де Реля, была напечатана в Париже в 1487 году.

|  |  |
| --- | --- |
| G1. Что было важно для протестантского движения во Франции? | A1. Наличие Библии на местных языках |
| G2. почему Франция боролась с папством до протестантской Реформации? | A2. Страна имела долгую историю |
| G3. Что у Франции была долгая история с папством? | А3. Борьбы |
| G4. Франция имела долгую историю борьбы с какой группой к тому времени, когда что, наконец, прибыло? | А4. папство |
| G5. Когда протестантская Реформация пришла во Францию? | А5. около 1294 |
| G6. Что приготовил Гайяр де Мулен около 1294 года? | A6. Французская версия Священных Писаний |
| G7. Что Гюяр де Мулен сделал с французской версией Библии? | А7. готовый |
| G8. Какой религией была мельница гайард? | А8. римско-католическая |
| G9. кто подготовил французскую версию Священных Писаний около 1294 года? | А9. мельница гайард |
| G10. что было напечатано в Париже в 1487 году? | A10. двухтомный иллюстрированный фолиант-парафраз, основанный на его рукописи |
| G11. на какой рукописи была основана версия Библии Жана де Реля? | А11. мельница гайард |
| G12. На чем была основана версия Жана де Реля? | А12. рукопись |
| G13. кто создал иллюстрированное фолио-парафразную версию Библии в 1487 году? | А13. Жан де Рели |
| G14. Как была опубликована версия Библии Жана де Реля? | A14. Двухтомный иллюстрированный фолио-парафраз |
| G15. где была напечатана версия Библии Жана де Реля? | А15. Париж |

Вопросы, генерируемые системой генерации вопросов, далее передаются системе ответов на вопросы с использованием BERT[24], которая находит ответы от A1до A15 для всех сгенерированных вопросов

**Таблица 8** В этой таблице показано, как метод подобия вопросов определяет вопросы, на которые нет ответа или нерелевантные вопросы, и устраняет ограничения

Контроль качества

Отрывок 2: Наличие Библии на местных языках было важно для распространения протестантского движения и развития реформатской церкви во Франции. Страна имела долгую историю борьбы с папством к тому времени, когда наконец наступила протестантская Реформация. Около 1294 года французская версия Писания была подготовлена римско-католическим священником Гюйяром де Муленом. Двухтомная иллюстрированная версия перефразирования фолианта, основанная на его рукописи Жана де Реля, была напечатана в Париже в 1487 году.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Поставленный вопрос  (КП) | Сходство вопросов  Балл(Самый высокий) | Этикетка вопроса | Ответот БЕРТ |
| QP1: Где был Жан де  Полагаться на? | (G12,QP1) = 0,67 | Неопровержимый | Париж |
| QP2: Как называется циклон? | (G12,QP2) = 0,39 | Неуместный | что |
| QP3: Что помоглораспространить протестантизм во Франции? | (G1,QP3) = 0,93 | Ответственный | наличие Библии на местных языках |

В первом столбце указывается поставленный вопрос. Во втором столбце указывается самый высокий балл сходства вопросов между поставленным вопросом и сгенерированными вопросами. Третья колонка указывает, является ли вопрос ответным/неотвеченным/нерелевантным на основе самого высокого балла сходства вопросов, сравнивая его с пороговым значением (0,85). Четвертая колонка указывает ответы, сгенерированные на поставленные вопросы, минуя вопрос в системе ответов на вопросы BERT

для системы ответов на вопросы механизм сходства вопросов определяет, является ли поставленный вопрос ответным или безответным и актуальными или неуместными вопросами. Как неотвеченные, так и нерелевантные вопросы взяты из набора данных SQuAD 2.0 [7] для экспериментов.

Мы провели эксперименты для случайных 100 отрывков из набора данных SQuAD 2.0 [7] с неотвеченными и нерелевантными вопросами. Как показано в таблицах 5, 8 и 12, когда показатель косинусного сходства сгенерированного и поставленного вопроса не превышает порогового значения 0,85, он помечается или маркируется либо как вопрос, на который нет ответа, либо как вопрос, на который нет ответа. Такой вопрос не будет передан в Систему ответов на вопросы. Таким образом, вопрос, поставленный с меньшим порогом, не будет передан в систему ответов на вопросы. Предложенный нами механизм подобия вопросов не позволяет модели вопросов-ответов отвечать на неотвеченные или нерелевантные вопросы неправильным угадыванием. Мы также представляем оценки сходства вопросов для ответов

вопросы из набора данных SQuAD 2.0 [7]. Мы обнаружили, что ответы на вопросы получают оценки сходства вопросов выше 0,90. Мы можем сделать вывод, что механизм подобия вопросов идентифицирует вопросы наравне с человеческим суждением.

Мы экспериментировали с 1000 вопросами как для неотвеченных, так и для нерелевантных вопросов. В наших экспериментах мы использовали модель BERT, обученную на наборе данных SQuAD 1.1. Модель BERT, обученная на SQuAD 2.0, не должна предсказывать ответы на вопросы без ответа. Тем не менее, эта модель отвечает на несколько вопросов без ответа. Мы ввели механизм подобия вопросов с моделью BERT, обученной на SQuAD 1.1; этот механизм помогает выявлять вопросы, на которые нет ответа и которые не имеют отношения к делу. Нерелевантные вопросы не вводятся в набор данных SQuAD 2.0. Для конкретного отрывка в наборе данных SQuAD 2.0 нерелевантные вопросы выбираются случайным образом из разных отрывков. Чтобы случайно выбранные вопросы не были связаны с контекстом. Эффективность модели рассчитывается следующим образом:

Нет. неотвеченных/нерелевантных вопросов, на которые не ответила модель Total No. вопросов, на которые нет ответа/нерелевантных вопросов

Эффективность

=

×

100

(6)

**Таблица 9** Эта таблица иллюстрирует возможные сгенерированные вопросы из отрывка, который случайным образом взят из набора данных SQUAD 2.0

|  |  |
| --- | --- |
| СОСТАВ 2.0  Пассаж 3 | Образованная в ноябре 1990 года в результате равного слияния Sky Television и British Satellite Broadcasting, BSkyB стала крупнейшей в Великобритании цифровой подписной телевизионной компанией. После приобретения BSkyB в 2014 году Sky Italia и контрольных 90,04% акций Sky Deutschland в ноябре 2014 года, ее холдинговая компания British Sky Broadcasting Group plc изменила свое название на Sky plc. Операции в Соединенном Королевстве также изменили название компании с British Sky Broadcasting Limited на Sky UK Limited, по-прежнему торгующей как Sky. |
| Возможные сгенерированные вопросы | G1. Как образовался bskyb? G2. Когда образовался Bskyb?  G3. Что стало причиной образования Bskyb?  G4. Как называлась крупнейшая в Великобритании цифровая подписная телевизионная компания?  G5. Что делал bskyb, когда он был сформирован?  G6. В какой стране bskyb стал крупнейшей цифровой подписной телевизионной компанией?  G7. Какой тип компании является bskyb?  G8. Сколько приобретений сделал bskyb в 2014 году?  G9. Как называлась крупнейшая в Великобритании цифровая подписная телевизионная компания?  G10. Каков был результат приобретения bskyb в 2014 году sky deutschland?  G11. какой процент sky deutschland приобрел bskyb в 2014 году?  G12. К какому типу компании относится британская sky broadcasting group plc?  G13. Как называлась холдинговая компания Bskyb?  G14. Как называлась холдинговая компания британской sky broadcasting group в ноябре 2014 года?  G15. На что британская sky broadcasting group plc сменила название в ноябре 2014 года?  G16. кто изменил название компании с британского Sky broadcasting limited на sky UK limited?  G17. Что случилось с названием британской небесной вещательной группы plc?  G18. На что великобританийские операции Bskyb изменили свое название?  G19. Каково текущее торговое название sky UK limited?  G20. Каково торговое название sky UK limited? |

Система генерации вопросов под названием ProphetNet[1] используется для генерации всех возможных вопросов от G1до G20 из данного отрывка **ble 10** Эта таблица иллюстрирует сгенерированные пары вопрос-ответ из данного отрывка.

Пассаж 3: Образованная в ноябре 1990 года в результате равного слияния Sky Television и British Satellite Broadcasting, BSkyB стала крупнейшей в Великобритании цифровой подписной телевизионной компанией. После приобретения BSkyB в 2014 году Sky Italia и контрольных 90,04% акций Sky Deutschland в ноябре 2014 года, ее холдинговая компания British Sky Broadcasting Group plc изменила свое название на Sky plc. Операции в Соединенном Королевстве также изменили название компании с British Sky Broadcasting Limited на Sky UK Limited, по-прежнему торгующей как Sky.

|  |  |
| --- | --- |
| G1. Как образовался bskyb? | A1. путем равного слияния небесного телевидения и британского спутникового вещания |
| G2. Когда образовался Bskyb? | А2. ноябрь 1990 |
| G3. Что стало причиной образования Bskyb? | A3. равное слияние sky television и британского спутникового вещания |
| G4. Как называлась крупнейшая в Великобритании цифровая подписная телевизионная компания? | А4. bskyb |
| G5. Что делал bskyb, когда он был сформирован? | A5. Слияние Sky Television и британского спутникового вещания |
| G6. В какой стране bskyb стал крупнейшей цифровой подписной телевизионной компанией? | А6. Великобритания |
| G7. Какой тип компании является bskyb? | A7. Цифровая подписная телекомпания |
| G8. Сколько приобретений сделал bskyb в 2014 году? | A8. 2014 приобретение sky italia и контрольный пакет акций sky deutschland в размере 90,04% |
| G9. Как называлась крупнейшая в Великобритании цифровая подписная телевизионная компания? | А9. bskyb |
| G10. Каков был результат приобретения bskyb в 2014 году sky deutschland? | A10. Британская sky broadcasting group plc изменила свое название на sky plc |
| G11. какой процент sky deutschland приобрел bskyb в 2014 году? | А11. 90.04 % |
| G12. К какому типу компании относится британская Sky broadcasting group plc? | А12. холдинговая компания |
| G13. Как называлась холдинговая компания Bskyb? | A13. Британская вещательная группа sky broadcasting plc изменила свое название на sky plc |
| G14. Как называлась холдинговая компания британской sky broadcasting group в ноябре 2014 года? | А14. скай плк |
| G15. На что британская sky broadcasting group plc сменила название в ноябре 2014 года? | А15. скай плк |
| G16. кто изменил название компании с британского Sky broadcasting limited на sky uk limited? | А16. Операции в Соединенном Королевстве |
| G17. Что случилось с названием британской небесной вещательной группы Uk? | А17. скай плк |
| G18. На что Великобритания изменила свое название операции BSKYB ? | А18. Скай Великобритания лимитед |
| G19. Каково текущее торговое название sky UK limited? | А19. небо |
| G20. Каково торговое название sky UK limited? | А20. небо |

Вопросы, генерируемые системой генерации вопросов, далее передаются системе ответов на вопросы с использованием BERT[24], которая находит ответы от A1до A20 для всех сгенерированных вопросов

**Таблица 11** В этой таблице показано, как метод сходства вопросов определяет вопросы, на которые нет ответа или нерелевантные вопросы, и устраняет ограничения

Контроль качества

Пассаж 3: Образованная в ноябре 1990 года в результате равного слияния Sky Television и British Satellite Broadcasting, BSkyB стала крупнейшей в Великобритании цифровой подписной телевизионной компанией. После приобретения BSkyB в 2014 году Sky Italia и контрольных 90,04% акций Sky Deutschland в ноябре 2014 года, ее холдинговая компания British Sky Broadcasting Group plc изменила свое название на Sky plc. Операции в Соединенном Королевстве также изменили название компании с British Sky Broadcasting Limited на Sky UK Limited, по-прежнему торгующей как Sky.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Поставленный вопрос (QP) | Оценка сходства вопросов (самая высокая) | Этикетка вопроса | Ответ от BERT |
| QP1: Какая компания больше не торгуется как Sky? | (G19,QP1) = 0,77 | Неопровержимый | Скай Великобритания лимитед |
| QP2: В какой части Италии чума была менее распространена? | (G3,QP2) = 0,32 | Неуместный | Германия |
| QP3: Как называлась крупнейшая в Великобритании цифровая подписная телевизионная компания? | (G4,QP3) = 0,93 | Ответственный | bskyb |

В первом столбце указывается поставленный вопрос. Во втором столбце указывается самый высокий балл сходства вопросов между поставленным вопросом и сгенерированными вопросами. Третья колонка указывает, является ли вопрос ответным/неотвеченным/нерелевантным на основе самого высокого балла сходства вопросов, сравнивая его с пороговым значением (0,85). Четвертая колонка указывает ответы, сгенерированные на поставленные вопросы, минуя вопрос в системе ответов на вопросы BERT

**Таблица 12** Количественный анализ модели BERT, обученной на SQuAD 2.0, и модели BERT, обученной на SQuAD 1.1 с схожестью вопросов

Механизм

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Модели | Вопросы, на которые нет ответа | Эффективность  Неопровержимый  Вопросы | Нерелевантные вопросы | Эффективность нерелевантных вопросов |
| BERT прошел обучение на SQuAD 2.0 | Модель не отвечает на **480** вопросов без ответа из **1000**  Вопросы, на которые нет ответа | **48%** | Модель отвечает на все нерелевантные вопросы, потому что эта модель не может идентифицировать нерелевантные вопросы | **-** |
| BERT прошел обучение на SQuAD 1.1 сQuestionSimilarity  Механизм | Модель не отвечает на **910** вопросов без ответа из **1000**  Вопросы, на которые нет ответа | **91%** | Модель не отвечает на **1000** нерелевантных вопросов | **100%** |

# Обсуждение

Автоматическая генерация пар вопрос-ответ дает представление о том, как система ответов на вопросы и генерация вопросов работают как двойная система задач для получения удовлетворительных результатов. Кроме того, при ручном чтении система wecaninferthatthissystem генерирует хорошие пары вопросов и ответов. Пары ответов на вопросы, сгенерированные на сегодняшний день, ограничены генерацией только вопросов «wh» и их ответов. Системы генерации пар вопросов являются системами, основанными на правилах. В то время как предлагаемое нами приложение генерирует все возможные пары вопрос-ответ, используя подход машинного обучения.

В механизме подобия вопросов мы показываем значимость работы, обращаясь к проблеме Системы ответов на вопросы. Несмотря на то, что в таких работах, как [1, 3, 32, 33], были введены различные методы преодоления ограничений Системы ответов на вопросы, выявление вопросов, на которые нет ответа, остается открытой проблемой. Предлагаемый механизм подобия вопросов не требует подготовки. Это повышает производительность систем ответов на вопросы, сосредотачиваясь только на ответах или релевантных вопросах. Таким образом, мы можем сделать вывод, что механизм подобия вопросов включает в себя человеческий способ рассуждения для выявления неотвеченных и нерелевантных вопросов и, следовательно, устраняет ограничение QAS.

# Заключение

В данной работе мы представляем приложение путем объединения системы генерации вопросов и ответов на вопросы, называемой автоматической системой генерации пар вопросов, где будут генерироваться все возможные пары вопросов и ответов. Он имеет различные применения в разных областях. Позже мы вводим механизм подобия вопросов, который имитирует человеческие рассуждения, чтобы определить, является ли поставленный вопрос ответными вопросами или неотвеченными и неуместными вопросами. Существующие системы ответов на вопросы не могут определить, является ли поставленный вопрос ответным или безответным и неактуальным. Если поставленный вопрос остается без ответа или неактуальным, то такие вопросы не передаются в QAS. Поскольку в этой модели нет процесса обучения, она требует меньше вычислительных ресурсов. Этот механизм может быть включен в современные системы ответов на вопросы, чтобы модели могли сосредоточиться на ответах на вопросы для повышения их производительности. Автоматически сгенерированные пары вопрос-ответ можно использовать в качестве набора данных для обучения моделей ответов на вопросы.

Авторы хотели бы поблагодарить доктора Харишчандру Хеббара из Школы информационных наук (SOIS), Манипал, за предоставление доступа к вычислительному оборудованию на основе GPU.

Мы благодарим анонимных рецензентов, чьи проницательные комментарии и предложения значительно улучшили эту статью.

**Авторский вклад** Все авторы внесли свой вклад в концепцию и дизайн исследования. Подготовку материалов, сбор и анализ данных выполняли Шивани Г. Айтал и Абишек Б. Рао. Шивани Г. Айтал написал первый черновик рукописи, Абишек Б Рао, и все авторы прокомментировали предыдущие версии рукописи. Санджай Сингх занимался надзором, рецензированием и редактированием. Все авторы прочитали и утвердили окончательную рукопись.

**Финансирование** Финансирование Открытого доступа, предоставленное Академией высшего образования Манипала, Манипал. Для этого исследования мы не искали никакого финансирования у какого-либо агентства.

**Доступность данных и материалов** Для этого исследования мы использовали набор данных, доступный в открытом доступе. Источник набора данных приведен в статье.

**Доступность** кода Код предоставляется по запросу.

## Объявления

**Конкурирующие интересы** Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

**Открытый доступ** Эта статья лицензируется в соответствии с международной лицензией Creative Commons Attribution 4.0, которая разрешает использование, совместное использование, адаптацию, распространение и воспроизведение на любом носителе или в любом формате, при условии, что вы даете соответствующие указания оригинальному автору (авторам) и источнику, предоставляете ссылку на лицензию Creative Commons и указываете, были ли внесены изменения. Изображения или другие материалы третьих лиц в этой статье включены в лицензию Creative Commons статьи, за исключением случаев, когда

указано иное в кредитной линии к материалу. Если материал не включен в лицензию Creative Commons статьи и ваше предполагаемое использование не разрешено законодательным законодательством или превышает разрешенное использование, вам необходимо получить разрешение непосредственно от владельца авторских прав. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите [http://creativecommons.](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)  [org/licenses/by/4.0/.](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

# Ссылки

1. Baudis P,ˇ Sedivy' J (2015) Моделирование задачи ответа на вопрос в системе yodaQA. В: Mothe J, Savoy J, Kamps J, Pinel-Sauvagnat K, Jones G, San Juan E, Capellato L, Ferro N (eds) Экспериментальный IR встречается с многоязычностью, мультимодальностью и взаимодействием. Springer International Publishing, Чам, стр. 222–228
2. Benamara F (2004) Кооперативные ответы на вопросы в ограниченныхдоменах: эксперимент WEBCOOP. В: Труды Конференции по ответам на вопросы в ограниченных доменах, стр. 31–38. Ассоциация компьютерной лингвистики, Барселона. <https://www.aclweb.org/anthology/W04-0506>
3. Berant J, Chou A, Frostig R, Liang P (2013) Semantic Parsingon Freebase из пар вопрос-ответ. В: Труды Конференции 2013 года по эмпирическим методам обработки естественного языка, стр. 1533–1544. Ассоциация вычислительной техники

Лингвистика, Сиэтл. <https://www.aclweb.org/anthology/D13-1160>

1. Bollacker K, Evans C, Paritosh P, Sturge T, Taylor J (2008) Freebase: совместно созданная графовая база данных для структурирования человеческих знаний. В: Материалы Международной конференции ACM SIGMOD по управлению данными 2008 года, SIGMOD '08. Ассоциация вычислительной техники, Нью-Йорк, стр. 1247–1250. <https://doi.org/10.1145/1376616.1376746>
2. Catelli R, Casola V, De Pietro G, Fujita H, Esposito M(2021) Объединение контекстуализированного представления слов и анализа на уровне поддокументов с помощью архитектуры Bi-LSTM + CRF для клинической деидентификации. Система на основе ноулов 213:106649. [https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.106649,](https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.106649) [https://www.](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950705120%20307784)

[sciencedirect.com/science/article/pii/S0950705120307784](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950705120%20307784)

1. Cer D, Yang Y, Kong S. y, Hua N, Limtiaco N, St. JohnR, Constant N, Guajardo-Cespedes M, Yuan S, Tar C, Strope B, Kurzweil R (2018) Универсальный кодировщик предложений для английского языка. В: Труды конференции 2018 года по эмпирическим методам обработки естественного языка: демонстрации систем, стр. 169–174. Ассоциация компьютерной лингвистики, Брюссель. [https://doi.org/10.18653/v1/D18-2029,](https://doi.org/10.18653/v1/D18-2029) [https://www.aclweb.](https://www.aclweb.org/anthology/D18-2029)  [org/антология/D18-2029](https://www.aclweb.org/anthology/D18-2029)
2. Chen D, Fisch A, Weston J, Bordes A (2017) Чтение википедии, чтобы ответить на вопросы открытого домена. В: Труды 55-го ежегодного собрания Ассоциации компьютерной лингвистики (Том 1: Длинные статьи). Ассоциация компьютерной лингвистики, Ванкувер, стр. 1870–1879. [https://doi.org/10.18653/v1/P17 1171](https://doi.org/10.18653/v1/P17-1171)
3. Chen Y, Li H (2020) DAM: Обнаружение отношений на основе трансформаторов для ответа на вопрос по базе знаний. Система на основе ноулов 201-202:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.106077>
4. Cuteri B, Reale K, Ricca F (2019) Логическая система ответов на вопросы о культурном наследии. В: Calimeri F, Leone N, Manna M (eds) Логика в искусственном интеллекте. Springer International Publishing, Чам, стр. 526–541
5. Dehghani M, Azarbonyad H, Kamps J, de Rijke M (2019) Обучение преобразованию, объединению и рассуждению в ответах на вопросы в открытом домене. В: Материалы двенадцатой Международной конференции ACM по веб-поиску и интеллектуальному анализу данных, WSDM '19. Ассоциация вычислительной техники, Нью-Йорк, pp

681–689. <https://doi.org/10.1145/3289600.3291012>

1. Devlin J, Chang MW, Lee K, Toutanova K (2019) BERT: Pretraining Of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. В: Труды конференции Североамериканского отделения Ассоциации компьютерной лингвистики 2019 года: технологии человеческого языка, том 1 (Длинные и короткие доклады). Ассоциация компьютерной лингвистики, Миннеаполис, стр. 4171–4186. <https://doi.org/10.18653/v1/N19-1423>
2. Ди Дженнаро Г, Буонанно А, Ди Джироламо А, Оспедале А,

Palmieri FAN (2020) Классификация намерений в вопросах-ответах с использованием архитектур LSTM. В: Esposito A, Faundez-Zanuy M, Morabito FC (eds) Прогресс в области искусственного интеллекта и нейронных систем. Спрингер Сингапур, Сингапур, с. 115–124. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-5093-5 11](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5093-5_11)

1. Dutil F, Gulcehre C, Trischler A, Bengio Y (2017) Plan, Attend, Generate: Planning for Sequence-to-Sequence Models. В: Материалы 31-й Международной конференции по нейронным системам обработки информации, NIPS'17. Curran Associates Inc., Red Hook, pp 5480–5489
2. Esposito M, Damiano E, Minutolo A, De Pietro G, Fujita H (2020) Гибридное расширение запросов с использованием лексических ресурсов и встраивания слов для извлечения предложений в ответ на вопросы. Информационные науки 514:88–105. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.12.002>
3. Ferrucci D, Nyberg E, Allan J, Barker K, Brown EW, ChuCarroll J, Ciccolo AC, Duboue PA, Fan J, Gondek DC, Hovy E, Katz B, Lally A, McCord M, Morarescu P, Murdock B, Porter B, Prager JM, Strzalkowski T, Welty C, Zadrozny W (2009) IBM Research report в направлении открытого развития систем ответов на вопросы. Техника. Реп. RC24789 (w0904-093) IBM
4. Green BF, Wolf AK, Chomsky C, Laughery K (1961) Бейсбол: автоматический вопрос-ответ. В: Доклады, представленные на 9-11 мая 1961 года, Западная совместная компьютерная конференция IRE-AIEE-ACM, IRE-AIEE-ACM '61 (Western), стр. 219-224. Ассоциация вычислительной техники, Нью-Йорк. [https://doi.org/10.1145/14 60690.1460714](https://doi.org/10.1145/1460690.1460714)
5. Хермякоб Э., Хови У., Гербер Л., Джанк М., Лин С.Ю. (2000)

Ответы на вопросы в вебклопедии. В: Труды конференции TREC9, NIST, Гейтерсбург, стр. 1–10

1. Khurana D, Koli A, Khatter K, Singh S (2017) Обработка естественного языка: современное состояние. Современные тенденции и вызовы. arXiv: [1708.05148](http://arxiv.org/abs/1708.05148)
2. Krueger D, Maharaj T, Kramar J, Pezeshki M, Ballas N, Ke ̇ NR, Goyal A, Bengio Y, Courville AC, Pal C (2017) Zoneout: Регуляризация RNN путем случайного сохранения скрытых активаций.

В: Материалы 5-й Международной конференции по обучению

Представительства, ICLR, Тулон, с. 1–11

1. Kumar V, Muneeswaran S, Ramakrishnan G, Li YF (2019) ParaQG: A System for Generates Questions and Answers from Paragraphs. В: Труды Конференции 2019 года по эмпирическим методам обработки естественного языка и 9-й Международной совместной конференции по обработке естественного языка (EMNLP-IJCNLP): Демонстрации систем, стр. 175–180. Ассоциация компьютерной лингвистики, Гонконг. [https://doi.org/10.18653/v1/D19-3030,](https://doi.org/10.18653/v1/D19-3030) [https://www.aclweb.org/ антология/D19-3030](https://www.aclweb.org/anthology/D19-3030)
2. Lan Z, Chen M, Goodman S, Gimpel K, Sharma P, SoricutR (2020) ALBERT: A Lite BERT for Self-supervised Learning of Language Representations. В: Материалы восьмой Международной конференции по представительству в обучении (ICLR), Аддис-Абеба, стр. 1–17. [https://iclr.cc/virtual 2020/плакат H1eA7AEtvS.](https://iclr.cc/virtual_2020/poster_H1eA7AEtvS.html)  [html](https://iclr.cc/virtual_2020/poster_H1eA7AEtvS.html)
3. Merity S, Keskar NS, Socher R (2018) Регуляризация и оптимизация языковых моделей LSTM. В: Материалы 6-й Международной конференции по учебным представлениям, ICLR, Ванкувер, стр. 1–10
4. Mikolov T, Sutskever I, Chen K, Corrado GS, Dean J (2013) Распределенные представления слов и фраз и их композиционности. В: Burges CJC, Bottou L, Welling M, Ghahramani Z, Weinberger KQ (eds) Advances in neural information processing systems, vol 26, Curran Associates, Inc, pp 3111–3119
5. Mishra A, Jain SK (2016) Опрос по системам ответов на вопросы с классификацией. J King Saud Univ-Comput Inf Sci 28(3):345– 361
6. Pascanu R, Mikolov T, Bengio Y (2013) О сложности обучения рекуррентных нейронных сетей. В: Dasgupta S, McAllester D (eds) Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning, Proceedings of Machine Learning Research, vol 28. ПМЛР, Атланта, с. 1310–1318. [http://proceedings.mlr.](http://proceedings.mlr.press/v28/pascanu13.html)  [пресса/v28/pascanu13.html](http://proceedings.mlr.press/v28/pascanu13.html)
7. Pennington J, Socher R, Manning C (2014) GloVe: Global Vectorsfor Word Representation. В: Труды Конференции 2014 года по эмпирическим методам обработки естественного языка (EMNLP), стр. 1532–1543. Ассоциация компьютерной лингвистики, Доха. [https://doi.org/10.3115/v1/D14-1162.](https://doi.org/10.3115/v1/D14-1162)  [https://www.aclweb.](https://www.aclweb.org/anthology/D14-1162)  [org/антология/D14-1162](https://www.aclweb.org/anthology/D14-1162)
8. Pota M, Esposito M, De Pietro G, Fujita H (2020) Лучшие практики сверточных нейронных сетей для классификации вопросов. Appl Sci 10(14). [https://doi.org/10.3390/app10144710,](https://doi.org/10.3390/app10144710) [https:// www.mdpi.com/2076-3417/10/14/4710](https://www.mdpi.com/2076-3417/10/14/4710)
9. Pota M, Marulli F, Esposito M, De pietro G, Fujita H (2019) Многоязычная POS-маркировка композитной глубокой архитектурой, основанной на функциях уровня символов и обогащенных Word Embeddings на лету. Основанная на знаниях система 164:309–323.

<https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.11.003>

1. Ци В, Янь Y, Гун Y, Лю Д, Дуань Н, Чэнь Дж, Чжан

R, Zhou M (2020) Prophetnet: Predicting Future N-gram for Sequence-to-Sequence Pre-training In: Results of the association for computational linguistics: EMNLP 2020. Ассоциация компьютерной лингвистики, Онлайн, стр. 2401–2410. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.findings-emnlp.217>

1. Qiao C, Hu X (2020) Оценщик нейронных графов знаний: объединение структурных и семантических доказательств графов знаний для прогнозирования вспомогательных знаний в научном QA. Inf Process Manag 57(6):102309. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2020.102309>
2. Раджпуркар (2020) Выполнение вопросов без ответа вSQUAD 2.0. [https://rajpurkar.github.io/SQuAD-explorer/explore/ v2.0/dev/](https://rajpurkar.github.io/SQuAD-explorer/explore/v2.0/dev/) (2020) [Онлайн; доступ к 10
3. Rajpurkar P, Jia R, Liang P (2018) Знайте, что вы не знаете: вопросы без ответа для SQuAD. В: Труды 56-го ежегодного собрания Ассоциации компьютерной лингвистики (Том 2: Краткие доклады). Ассоциация компьютерной лингвистики, Мельбурн, стр. 784–789. [https://doi.org/10.18653/v1/P18-2124,](https://doi.org/10.18653/v1/P18-2124) [https://www.aclweb.](https://www.aclweb.org/anthology/P18-2124)

[org/anthology/P18-2124](https://www.aclweb.org/anthology/P18-2124)

1. Раджпуркар., Чжан Дж., Лопырев К., Лян. (2016) СОСТАВ: более 100 000 вопросов для машинного понимания текста. В: Материалы конференции 2016 года по эмпирическим методам обработки естественного языка. Ассоциация компьютерной лингвистики, Остин, стр. 2383–2392. <https://doi.org/10.18653/v1/D16-1264>
2. Ray A, Christie G, Bansal M, Batra D, Parikh D (2016) Актуальность вопроса в VQA: выявление невизуальных и ложных вопросов. В: Материалы конференции 2016 года по эмпирическим методам обработки естественного языка. Ассоциация компьютерной лингвистики, Остин, стр. 919–924.

[https://doi.org/10.18653/v 1/Д16-1090](https://doi.org/10.18653/v1/D16-1090)

1. Reddy S, Raghu D, Khapra MM, Joshi S (2017) Генерация пар вопросов и ответов на естественном языке из графа знаний с использованием модели генерации вопросов на основе RNN. В: Труды 15-й конференции Европейского отделения Ассоциации компьютерной лингвистики: Том 1, Длинные статьи. Ассоциация компьютерной лингвистики, Валенсия, стр. 376–385. <https://www.aclweb.org/anthology/E17-1036>
2. Sanh V, Debut L, Chaumond J, Wolf T (2019) DistilBERT, дистиллированная версия BERT: меньше, быстрее, дешевле и легче. В: Материалы 5-го семинара по энергоэффективному машинному обучению и когнитивным вычислениям, стр. 1–5. Ванкувер. [https://www.emc2-ai.org/assets/docs/neurips-19/ emc2-neurips19-paper-33.pdf](https://www.emc2-ai.org/assets/docs/neurips-19/emc2-neurips19%20-paper-33.pdf)
3. Serdyuk D, Ke NR, Sordoni A, Trischler A, Pal C, BengioY (2018) Twin networks: Matching the future for sequence generation. В: Материалы 6-й Международной конференции по учебным представлениям, ICLR, Ванкувер, стр. 1–12
4. Song J, Liu F, Ding K, Du K, Zhang X (2020) Семантическое понимание вопросов в системе q&a для китайского языка на основе комбинации семантических элементов. IEEE Access 8:102971 – 102981. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2997958>
5. Sun Y, Tang D, Duan N, Qin T, Liu S, Yan Z, Zhou M, Lv Y, Yin W, Feng X, Qin B, Liu T (2020) Совместное обучение ответам на вопросы и генерации вопросов. IEEE Trans Knowl Data Eng 32(5):971–982
6. Weizenbaum J (1966) ELIZA-A компьютерная программа для изучения естественной языковой коммуникации между человеком и машиной. Комм ACM 9(1):36–45
7. Виноград Т. (1972) Понимание естественного языка. Cogn Psychol 3(1):1–191. <https://doi.org/10.1016/0010-0285(72)90002-3>
8. Woods WA, Kaplan R (1977) Лунные породы на естественном английском языке: Исследования на естественном языке ответы на вопросы. В: Zampolli A (ed) лингвистические структуры обработка, фундаментальные исследования в области информатики. Издательство «Северная Голландия », стр. 266–290
9. Yang W, Xie Y, Lin A, Li X, Tan L, Xiong K, Li M, Lin J (2019) Сквозные ответы на вопросы с открытым доменом с помощью BERTserini. В: Материалы конференции Североамериканского отделения Ассоциации компьютерной лингвистики (демонстрации) 2019 года. Ассоциация компьютерной лингвистики, Миннеаполис, стр. 72–77. <https://doi.org/10.18653/v1/N19-4013>
10. Ye Y, Zhang S, Li Y, Qian X, Tang S, Pu S, Xiao J (2020) Видео-ответы на вопросы с помощью заземленного перекрестного сетевого обучения. Inf Process Manag 57(4):102265. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2020.102265>
11. Zahedi M, Rahgozar M, Zoroofi R (2020) HCA: Иерархическая модель сравнения агрегатов для поиска вопросов в сообществе вопросов, отвечающих на вопросы. Inf Process sManag 57(6):102318. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2020.102318>
12. Чжу Х, Дун Л, Вэй Ф, Ван В, Цинь Б, Лю Т (2019)

Учимся задавать вопросы без ответа для понимания машинного чтения. В кн.: Материалы 57-го ежегодного собрания Ассоциации компьютерной лингвистики. Ассоциация компьютерной лингвистики, Флоренция, стр. 4238–4248. [https://doi.org/10.18653/v1/P19-1415,](https://doi.org/10.18653/v1/P19-1415) [https://www.aclweb. org/anthology/P19-1415](https://www.aclweb.org/anthology/P19-1415)

**Примечание издателя** Springer Nature остается нейтральным в отношении юрисдикционных претензий в опубликованных картах и институциональной принадлежности.