

Научная статья
УДК 830-03-083:800.71-051(045)
doi: 10.17223/19996195/67/5

Преимущества и недостатки использования нейросетей для обработки естественного языка (NLP)

Алена Андреевна Ширяева¹, Ирина Владимировна Новицкая²

^{1,2} *Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия*

¹ *alena_shiryayeva_2002@mail.ru*

² *irno2012@yandex.ru*

Аннотация. В настоящее время в научной литературе подробно рассматривается применение нейронных сетей для обработки естественного языка (NLP), поскольку этот вопрос имеет широкое практическое внедрение. Например, все больше компаний, в которых так или иначе используется обработка естественного языка, отдают предпочтение нейротехнологиям. В 2015 г. Baidu запустила один из первых проектов по созданию нейронного машинного перевода, а в 2023 г. компания «Яндекс» добавила в голосового помощника Алису нейросеть YandexGPT, которая теперь может генерировать тексты на любую тему. Многочисленные сообщения о подобных технических инновациях в различных компаниях говорят о том, что нейронная сеть в области обработки языка уже заслужила большое доверие со стороны многих авторитетных компаний, которые выделяют крупные средства для ее улучшения. Однако нейросети в области NLP далеко несовершенны, у них есть как свои преимущества, так и недостатки. Хотя сейчас активно идет процесс улучшения нейронных сетей, их совершенствование требует большого количества времени и ресурсов. Для текущего периода актуально уметь правильно использовать уже созданную технологию, стараясь учитывать ее слабые места, и по возможности улучшать устройство нейронных моделей. Для того чтобы наиболее эффективным образом применить эту технологию в области обработки естественного языка, необходимо сначала более подробно проанализировать ее плюсы и минусы. Выявленные недостатки в будущем помогут сделать систему лучше, а преимущества той или иной модели позволят наилучшим образом использовать ее в разных областях NLP. Сам процесс обработки естественного языка имеет ряд особенностей, которые связаны с его устройством как системы в целом. Это является важным фактором, который необходимо учитывать при обработке материала искусственным интеллектом. Он является ключевым при анализе материала и в нашем исследовании.

Цель статьи заключается в сравнении преимуществ и недостатков основных нейронных моделей, которые используются в сфере NLP. Данный подход позволяет выявить черты наиболее универсальной нейронной сети, которая показывает высокую эффективность во многих областях применения.

Дается определение естественной обработки языка, описываются основные сферы, в которых она имеет большое значение. Например, на NLP во многом основан автоматический перевод, создание голосовых помощников, обработка устной речи, анализ настроений и мнений пользователей, их эмоционального настроя, классификация и категоризация текстов, генерирование текстов самой

различной тематики и т.д. Кроме того, дается определение нейронной сети, описывается механизм работы трех ее типов: рекурсивной, рекуррентной и сверточной. К каждому из них прилагается схема устройства сети, чтобы возможно было наглядно представить себе принцип ее работы. Выделяемые у нейросетей особенности и характерные черты связаны с тем, какие объемы данных может обрабатывать данный вид нейросети, с помощью какого алгоритма происходит сам анализ входных данных и какой результат получается в итоге. На основе полученных в ходе анализа данных выделяются сферы обработки естественного языка, в которых наиболее эффективной будет тот или иной тип нейросети.

Ключевые слова: обработка естественного языка, NLP, нейросеть, рекурсивная сеть, рекуррентная сеть, сверточная сеть

Для цитирования: Ширяева А.А., Новицкая И.В. Преимущества и недостатки использования нейросетей для обработки естественного языка (NLP) // Язык и культура. 2024. № 67. С. 89–101. doi: 10.17223/19996195/67/5

Original article

doi: 10.17223/19996195/67/5

Advantages and disadvantages of using neural networks for natural language processing (NLP)

Alena A. Shiryaeva¹, Irina V. Novitskaya²

^{1,2} *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

¹ *alena_shiryayeva_2002@mail.ru*

² *irno2012@yandex.ru*

Abstract. The application of neural networks to natural language processing (NLP) is currently being discussed in detail in the scientific literature, as this issue has a wide practical implementation. For example, more and more companies that use natural language processing in one way or another are favouring neurotechnology. In 2015, Baidu launched one of the first neural machine translation projects, and in 2023, Yandex added the YandexGPT neural network to its voice assistant Alice, which can now generate texts on any topic. Numerous reports of such technical innovations in various companies suggest that neural network in the field of language processing has already earned a lot of trust from many reputable companies, which allocate large amounts of resources to improve it. However, neural networks in the field of NLP are far imperfect, they have both their advantages and disadvantages. Although there is an active process of improving neural networks nowadays, improving them requires a lot of time and resources. For the current period it is important to be able to use the already created technology correctly, trying to take into account its weaknesses, and if possible to improve the design of neural models. In order to apply this technology in the field of natural language processing in the most effective way, it is necessary to analyse its pros and cons in more detail. The disadvantages identified will help to make the system better in the future, while the advantages of a particular model will allow it to be best utilised in different areas of NLP. Natural Language Processing itself has a number of peculiarities that are related to its structure as a system as a whole. This is a very important factor to consider when processing material with artificial intelligence. It is key in analysing the material and in our study.

The aim of this paper is to compare the advantages and disadvantages of the main neural models that are used in the field of NLP. This approach allows us to identify the

features of the most versatile neural network that shows high efficiency in many applications.

The article defines natural language processing, describes the main areas in which it is of great importance, e.g. automatic translation, creation of voice assistants, processing of spoken language, analysis of users' moods and opinions, their emotional mood, classification and categorisation of texts, generation of texts of various topics, etc. are largely based on NLP. In addition, the definition of a neural network is given, and the mechanism of operation of its three types is described: recursive, recurrent and convolutional. Each of them is accompanied by a scheme of its device, so that it is possible to visualise the principle of its work. The peculiarities and characteristic features of neural networks are related to the volumes of data this type of neural network can process, the algorithm used to analyse the input data and the result obtained as a result. Based on the data obtained in the course of the analysis, the spheres of natural language processing, in which this or that type of neural network will be the most effective, are highlighted.

Keywords: natural language processing, NLP, neuronetwork, recursive network, recurrent network, convolutional network

For citation: Shiryayeva A.A., Novitskaya I.V. Advantages and disadvantages of using neural networks for natural language processing (NLP). *Language and Culture*, 2024, 67, pp. 89-101. doi: 10.17223/19996195/67/5

Введение

В настоящее время нейротехнологии развиваются все более интенсивно. Крупные компании, которые так или иначе связаны с естественной обработкой языка, активно внедряют их в свою деятельность. Так, в 2015 г. Baidu разработала один из первых проектов по нейронному машинному переводу, в 2023 г. компания «Яндекс» обновила голосового помощника Алису, добавив туда нейросеть YandexGPT, которая способна создавать тексты на любую тему. Эти данные служат доказательством того, что нейронные технологии уже завоевали определенное доверие в мире, а значит в будущем на их развитие будет тратиться все больше финансовых средств. В большой степени это касается и Natural language processing (NLP), которая на данный момент имеет очень важное значение для анализа как текстовых, так и аудиоданных [1].

Обработка естественного языка (NLP) на данный момент является одним из активно развивающихся и приоритетных направлений, ведь каждый день объем информации, которую необходимо обработать, увеличивается. Вслед за этим появилась потребность в создании более совершенных методов обработки естественного языка. В частности, в последние годы для данной цели все чаще стали применяться нейросетевые подходы. Они широко используются на практике. Их применение для задач NLP уже позволило достигнуть высоких результатов в различных областях, в которых происходит взаимодействие компьютерных технологий и естественного языка. Например, это позволило создать онлайн-

переводчики, которые стали незаменимым помощником в работе человека. Несмотря на то, что подобным онлайн-переводчикам даже с применением искусственного интеллекта (ИИ) полностью не заменить квалифицированного специалиста по переводу, они в значительной мере облегчают работу человека, а также сокращают время, которое тратится на сам процесс перевода. Все это объясняется тем, что переведенный такой системой текст стал качественно значительно лучше. И на его редактирование или постредактирование тратится гораздо меньше усилий, чем раньше. Это позволяет обратить внимание на другие не менее важные детали и проблемы, в решении которых уже понадобится применить знания и умения человека, а не ИИ [2].

Цель исследования – сравнение преимуществ и недостатков основных нейронных моделей, которые используются в сфере NLP. Механизм работы нейросетей совсем не идеален, он нуждается в постоянном совершенствовании, а для этого надо непрерывно анализировать их устройство, выявлять слабые места, чтобы в будущем минимизировать возникновение ошибок. Однако не менее важным является умение правильно использовать те технологии, которые уже существуют на данный момент. Ведь любое улучшение систем, имеющих такое сложное устройство, требует большого количества времени. Но многие компании уже сейчас активно используют для своих целей разные модели нейросетей, и от того, насколько верно будет изначально выбран тот или иной вид нейросети, во многом зависит достижение поставленных цели. Для этого необходимо заранее знать, в чем же состоит преимущество данной модели нейронной сети в этой области, а для каких она совершенно не подходит.

Методология исследования

Методологическая основа настоящего исследования определяется его целью – выявить и сравнить преимущества и недостатки использования самых популярных на сегодняшний день видов нейронных сетей для задач NLP. В основе данной работы лежат труды как зарубежных, так и отечественных авторов в области лингвистики и нейротехнологий. Исследование искусственного интеллекта в последнее время получило мощный толчок в развитии. Новизна самого подхода использования нейросетей достаточно подробно описана, например, в работах таких авторов, как В.А. Частикова, Г.Д. Бородин. В них говорится о том, какие новые возможности дает этот качественно новый подход для NLP, а также дается подробное описание механизма работы основных на данный момент нейросетевых моделей [3, 4]. Кроме того, большое внимание в работах таких исследователей как, например, А.М. Грачев, уделяется методу

глубокого обучения, который во многом и помог вывести технологию искусственного интеллекта на принципиально новый уровень [5]. Очень важными для изучения ИИ являются исследования зарубежных авторов – К. Cho, А. Karimi [6, 7]. Они подробно описали механизм работы нейросетей, выявили слабые места в их устройстве, а также обозначили способы решения этих проблем. Эта тема в настоящее время приобрела особую значимость. Механизм устройства нейросетей далеко не идеален, он нуждается в постоянном улучшении. Чем раньше будут выявлены и проанализированы их недостатки, тем скорее станет возможным поиск вариантов решения возникших трудностей.

Для достижения поставленной цели использовался синтез традиционных общенаучных методов, таких как методы синтеза, анализа, классификации, индукции и дедукции. С помощью них была собрана и проанализирована информация об NLP, о принципах устройства различных нейросетевых моделей, их преимуществах и недостатках для разных задач в области естественной обработки языка. На основе собранных данных были сделаны выводы о том, для выполнения каких функций лучше использовать рекуррентный, рекурсивный или сверточный вид нейросети.

Исследование и результаты

Обработка естественного языка является одним из направлений исследований в области компьютерной лингвистики и искусственного интеллекта, которое занимается изучением проблемы понимания, анализа и синтеза естественного языка (речи и текстов) с помощью компьютера [2].

NLP используется в следующих областях [2]:

- 1) улучшение голосовых помощников. Обработку естественного языка применяли для создания всем известных голосовых помощников: Siri, Алисы, Google Assistant, которые способны общаться с пользователями на естественном языке;
- 2) совершенствование системы поисковых запросов. Обработку естественного языка используют при анализе поисковых запросов пользователей. На основе данных анализа система становится лучше, выдает все более точные результаты;
- 3) анализ мнений пользователей, их эмоционального настроения: NLP используют при анализе комментариев, сообщений, отзывов и других способов обратной связи, чтобы определить мнения и настроение людей;
- 4) распознавание устной речи: NLP используют, чтобы распознать и транскрибировать речь, ее можно применять для создания субтитров, транскриптов и других форм текстовых документов;

5) классификация и категоризация текстов: NLP используют для созданий классификации и категоризации текстов, а также при анализе структуры и содержания больших объемов текстов;

6) автоматизированное создание текстов: NLP используют для автоматической генерации текстов. Сгенерированы могут быть новости, описание товара и другие формы текстовых документов;

7) автоматический перевод. Обработка естественного языка необходима при создании системы машинного перевода, которая позволяет выполнять перевод документов и текстов с одного языка на другой.

С развитием нейротехнологий стало понятно, что они в большой степени могут помочь при обработке огромных объемов языковых данных. Это подтолкнуло к разработке нового направления компьютерной лингвистики – обработке естественного языка с помощью нейронных технологий. Для того чтобы разобраться в преимуществах и недостатках использования нейросетей для NLP, необходимо сначала дать точное определение нейросети, а также обозначить основные ее типы.

Итак, нейросеть [8] – это математическая модель, а также ее программная или аппаратная реализация, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Она имеет три типа слоев: входной, скрытый и выходной. Входной слой является первым в нейросети, он принимает исходные данные и передает их на следующий уровень. Скрытый слой применяет различные преобразования ко входным данным. Выходной слой, основываясь на обработанных данных, выдает окончательные результаты [4].

У каждого типа нейросети есть свои преимущества и недостатки при NLP, для выполнения разных задач используются разные виды нейросетей. Можно выделить следующие типы нейронных сетей, которые широко употребляются для обработки естественного языка [5]:

1. Рекуррентные нейронные сети (RNN) – это тип нейросети, работа которой основана на сохранении информации из текущего слоя и ее передаче на следующем этапе в саму себя (рис. 1). По-другому их еще называют сетями с памятью, ведь в них для каждого элемента осуществляется одна и та же задача, а также учитываются вычисления, сделанные до этого. В области NLP данная модель хорошо применима для самого процесса перевода, так как она учитывает предыдущие части предложения при переводе следующей.

Основные преимущества использования рекуррентных нейронных сетей для NLP:

а) способность обрабатывать входные данные совершенно любой длины [7]. При NLP это очень важно, ведь в качестве них могут выступать как слова, так и предложения. Рекуррентная нейронная сеть является одной из немногих нейросетей, для которых входной размер данных – не проблема, что позволяет одинаково качественно анализировать

и обрабатывать их, вне зависимости от длины. Все это делает модель более гибкой;

б) быстрая обучаемость сети за счет использования способности сохранения и учета данных, полученных на предыдущем этапе их обработки;

в) способность хорошо справляться с обработкой динамических входных последовательностей, с которыми можно часто столкнуться при NLP, делает данный вид относительно универсальным. Рекуррентная нейронная сеть может обрабатывать подверженную частым изменениям речь или рукописный текст [4].

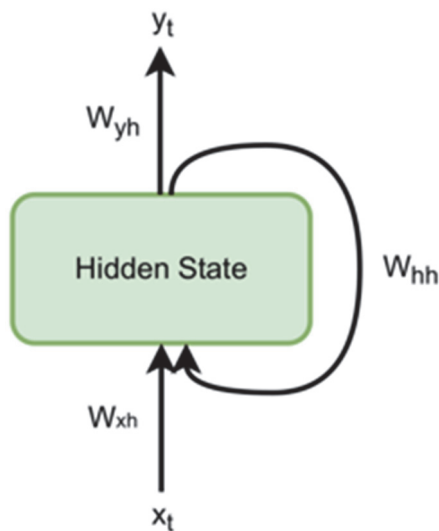


Рис. 1. Рекуррентная нейронная сеть

Основные недостатки использования рекуррентных нейронных сетей для NLP [7]:

а) при обработке предложений, в которых тесно связанные по смыслу слова находятся далеко друг от друга, рекуррентная нейросеть может пропустить связь между ними;

б) RNN имеют слишком большой размер из-за того, что обладают механизмом «памяти», т.е. возникает необходимость хранить большие объемы данных, однако далеко не каждое устройство обладает для этого достаточно мощным процессором и памятью. В свою очередь, это мешает повсеместному использованию RNN. В частности, при NLP, например, возникает необходимость хранить словарь из нескольких тысяч слов при построении языковой модели [5];

в) память, реализуемая архитектурой RNN, является недостаточно длинной – при многократном повторении действий информация в памяти смешивается с новой и еще через несколько шагов перезаписывается снова. Для обработки текстов большого объема это представляет собой проблему, так как слова, находящиеся в начале, не учитываются в результатах работы нейросети при приближении к концу текста. Это называется «проблемой исчезающего градиента» [9].

С учетом всех преимуществ и недостатков можно сделать вывод о том, что рекуррентную нейросеть лучше всего использовать при оценке частоты встречаемости того или иного предложения в тексте, для генерирования совершенно нового текста, распознавания речи, для классификации текстов, а также для задач машинного перевода.

2. Рекурсивные нейронные сети – это одна из разновидностей глубокой нейронной сети, при которой фразы и предложения расположены в виде иерархической последовательности, которая идет снизу вверх (рис. 2). Это отличает их от рекуррентной нейросети, в которой язык представляется как последовательность слов и анализируется справа налево или слева направо [10].

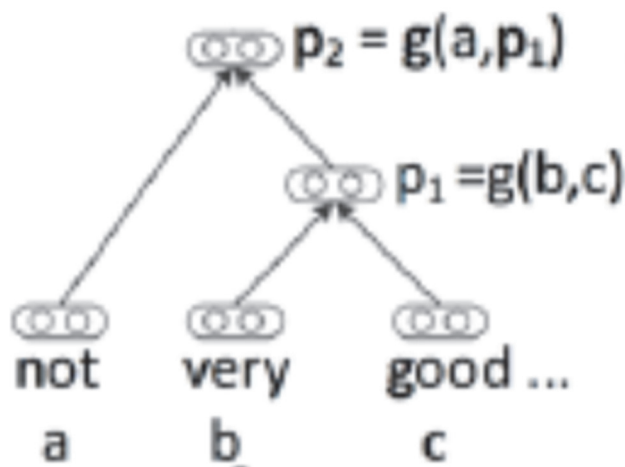


Рис. 2. Рекурсивная нейронная сеть

Основные преимущества использования рекурсивных нейронных сетей для NLP:

а) сама древовидная структура нейросети является ее преимуществом, так как она лучше всего подходит для анализа предложения при NLP и способна хранить представление точной фразы [7];

б) является достаточно простой и быстрой в обучении. После относительно короткого периода подготовки, нейросеть уже может генерировать эмбединги. Так называют сжатое векторное представление

слова, которое является численным представлением и при этом сохраняет семантическую связь [11].

Основные недостатки использования рекуррентных нейронных сетей для NLP:

а) древовидная структура, как ни парадоксально, может быть и недостатком данного вида нейросети. Когда мы используем ее, мы заранее подразумеваем, что анализируемые данные следуют древовидной иерархической структуре, однако иногда это не так. В этом случае нейросеть просто не может усвоить существующий шаблон;

б) синтаксический анализ в некоторых случаях может быть медленным и неопределенным, так как даже для одного предложения можно создать несколько деревьев синтаксического анализа.

На основе выделенных нами преимуществ и недостатков рекурсивной нейросети при NLP можно сделать вывод о том, что она лучше всего подходит для определения тональности предложения и его синтаксического анализа.

3. Последний тип – это сверточные нейронные сети (CNNs). Они обрабатывают данные, представленные в форме сетки, причем все ее узлы связаны с большинством других (рис. 3). Также CNNs присваивают важность различным частям данных. Сверточные нейронные сети были созданы на основе принципа работы зрительной коры головного мозга: они концентрируются на небольшой части и выделяют в ней значимые особенности [10].

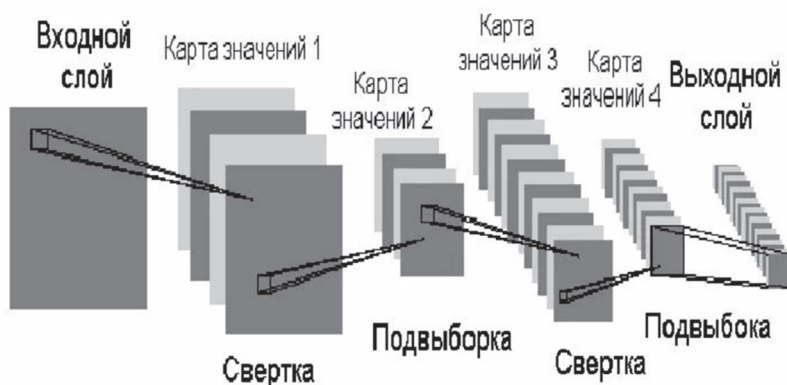


Рис. 3. Сверточная нейронная сеть

Основные преимущества использования сверточных нейронных сетей для NLP:

а) обладают высокой степенью точности обработки текстовых данных, так как способны сохранять относительную позицию между по-

рядком слов и словами в предложении, помимо этого могут анализировать семантическую связь между словами, которые находятся далеко друг от друга в предложении [12];

б) способны вычленять из входных данных конкретную информацию, так как в своей работе при переходе данных из одного слоя в другой используются различные фильтры [13];

в) эффективно обрабатывают сущности переменной длины: слова, предложения, тексты, что делает их достаточно универсальным средством для NLP;

г) устойчивы к сдвигам однотипных данных, т.е. к изменению положения данных. Вне зависимости от того, где находятся, сверточные нейросети одинаково хорошо их обрабатывают [14];

д) хорошо распознают именованные сущности. То есть когда на вход дается определенное слово, сверточная нейросеть достаточно четко определяет, чем является это слово: человеком, местом, корпорацией и т.д., при этом учитывается сам контекст, в котором употребляется данная единица языка.

Основной недостаток использования сверточных нейронных сетей для NLP – размер входных данных. От этого зависит качество анализа текстовых данных. Сверточные нейронные сети могут работать только со входом фиксированного размера (так как размеры матриц в сети не могут меняться в процессе работы). То есть еще до начала обработки данных необходимо установить их определенную длину. Несмотря на то, что сейчас активно разрабатываются способы преодоления этой проблемы, недостаток остается все еще достаточно существенным [15].

Лучше всего сверточные нейронные сети использовать там, где нужно проанализировать часть или всю последовательность данных. То есть задачи, например, поиска и определения спама, анализа тональности и извлечение конкретной информации из текстовых данных. Кроме того, их используют для генерации и распознавания речи, для классификации предложений, определения части речи слова.

Заключение

Таким образом, на сегодняшний день для обработки языка в основном используются три нейронные сети: рекуррентная, рекурсивная и сверточная. Сравнение их преимуществ и недостатков позволяет подобрать наилучший вариант того или иного вида нейросети для задач NLP (будь то разработка голосового помощника, анализ эмоционального настроения пользователей и т.д.) и еще на начальном этапе предотвратить серьезные проблемы, которые могли бы возникнуть при дальнейшей работе, если бы нейронная сеть была выбрана неправильно. К примеру, нам необходимо не просто сгенерировать текст, а сделать это так, чтобы

при предсказании каждого последующего слова учитывался предыдущий контекст и предложения, то выбор будет очевидным – рекуррентная нейронная сеть. За счет своей архитектуры, которая содержит петли, во время обработки новых данных учитываются и предыдущие.

То есть при выборе типа нейронной сети необходимо прежде всего ориентироваться на задачу, которая стоит перед вами. Именно от нее зависит, какая из сетей вам понадобится: более сложная или специализированная. В настоящий период существуют нейросети, которые объединяют свойства нескольких из них. Например, CRNN, которые объединяют в себе свойства сверточных и рекуррентных нейронных сетей, и такой вид очень часто используют для обработки аудиоинформации.

Список источников

1. **Яндекс** добавил в Алису нейросеть нового поколения. [Б. м.], 1997–2023. URL: <https://yandex.ru/company/news/17-05-2?ysclid=llcjdx7i88315946297> (дата обращения: 12.07.2023).
2. **NLP 101**: как обработка естественного языка преобразует коммуникацию. [Б. м.], 2023. URL: <https://neiroseti.tech/interesnoe/nlp-101-obrabotka-estestvennogo-yazyka/?ysclid=lkv8xjb0x832057467/> (дата обращения: 10.07.2023).
3. **Бородин Г.Д.** Краткий обзор и классификация искусственных нейронных сетей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=blhmxx&ysclid=lkwnnvb1uk797943160> (дата обращения: 12.07.2023).
4. **Частикова В.А., Гуляй В.Г.** Методы обработки естественного языка в решении задач обнаружения атак социальной инженерии // Вестник АГУ. 2021. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-obrabotki-estestvennogo-yazyka-v-reshenii-zadach-obnaruzheniya-atak-sotsialnoy-inzhenerii?ysclid=lkws74hxi5772779528> (дата обращения: 14.07.2023).
5. **Грачев А.М.** Методы сжатия рекуррентных нейронных сетей для задач обработки естественного языка М., 2019. URL: https://www.lib.tsu.ru/win/produkcija/metodichka/NB_Metodichka_2021_god_1.pdf (дата обращения: 15.07.2023).
6. **Cho K.** Learning Phrase Representations using RNN Encoder-Decoder for Statistical machine translation. 2014. URL: <https://arxiv.org/pdf/1406.1078.pdf>
7. **Karimi A.** Recurrent vs. Recursive Neural Networks in Natural Language Processing. [Б. м.], 2023. URL: <https://www.baeldung.com/cs/networks-in-nlp> (дата обращения: 14.07.2023).
8. **Романов В.П.** Интеллектуальные информационные системы в экономике : учеб. пособие / под ред. Н.П. Тихомирова. М. : Экзамен, 2003. 496 с.
9. **Джанелидзе Г.М.** Рекуррентные нейронные сети в задаче анализа тональности текста. СПб., 2016. URL: <https://nauchkor.ru/pubs/rekurrentnye-neuronnye-seti-v-zadache-analiza-tonalnosti-teksta-587d36595f1be77c40d58d52> (дата обращения: 17.07.2023).
10. **Прошина М.В.** Современные методы обработки естественного языка: нейронные сети // Экономика строительства. 2022. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48612341&ysclid=lkwu3b9wvu763354629> (дата обращения: 17.07.2023).
11. **Обзор** четырех популярных NLP-моделей. [Б. м.], 2020. URL: <https://proglab.io/p/obzor-chetyreh-populyarnyh-nlp-modeley-2020-04-21?ysclid=lk17nyai9595571681> (дата обращения: 17.07.2023).
12. **Детальный** анализ и применение CNN в обработке естественного языка. [Б. м.], 2020–2023. URL: <https://russianblogs.com/article/793111799/> (дата обращения: 19.07.2023).

13. **Сверточные** нейросети: что это и для чего они нужны? [Б. м.], 2023. URL: <https://forklog.com/cryptorium/ai/svertochnye-nejroseti-cto-eto-i-dlya-chego-oni-nuzhny> (дата обращения: 23.07.2023).
14. **Использование** сверточных нейронных сетей для задач обработки естественных языков: [видеодоклад] // Fedya Simonov: [YouTube канал]. [Б. м.], 2016. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=-jhtNLejFu0> (дата обращения: 21.07.2023).
15. **Применение** сверточных нейронных сетей для задач NLP. [Б. м.], 2006–2023. URL: <https://habr.com/ru/companies/ods/articles/353060/> (дата обращения: 21.07.2023).

References

1. Yandex dobavit v Alisu nejroset' novogo pokoleniya [Yandex added a new generation neural network to Alisa]. - [Б. м.], 1997-2023. URL: <https://yandex.ru/company/news/17-05-2?ysclid=llcjd7i88315946297> (Accessed 12.07.2023).
2. NLP 101: kak obrabotka estestvennogo yazyka preobrazuet kommunikaciyu [NLP 101: how natural language processing is transforming communication]. - [б. м.], 2023. URL: <https://neiroseti.tech/interesnoe/nlp-101-obrabotka-estestvennogo-yazyka/?ysclid=lkv8xjb0x832057467/> (Accessed 10.07.2023).
3. Borodin G.D. (2021) Kratkiy obzor i klassifikaciya iskusstvennyh nejronnyh setej [Brief review and classification of artificial neural networks] // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=blhmxx&ysclid=lkwnnvb1uk797943160> (Accessed: 12.07.2023).
4. Chastikova V.A., Gulyaj V.G. (2021) Metody obrabotki estestvennogo yazyka v reshenii zadach obnaruzheniya atak social'noj inzhenerii [Natural language processing methods in solving problems of detecting social engineering attacks] // Vestnik AGU. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-obrabotki-estestvennogo-yazyka-v-reshenii-zadach-obnaruzheniya-atak-sotsialnoy-inzhenerii?ysclid=lkws74hxi5772779528> (Accessed: 14.07.2023).
5. Grachev A.M. (2019) Metody szhatiya rekurrentnyh nejronnyh setej dlya zadach obrabotki estestvennogo yazyka [Compression methods of recurrent neural networks for natural language processing tasks]. M. URL: https://www.lib.tsu.ru/win/produkcija/metodichka/NB_Metodichka_2021_god_1.pdf (Accessed: 15.07.2023).
6. Cho K. Learning Phrase Representations using RNN Encoder-Decoder for Statistical machine translation. - 2014. URL: <https://arxiv.org/pdf/1406.1078.pdf>.
7. Karimi A. Recurrent vs. Recursive Neural Networks in Natural Language Processing. [Б. м.], 2023. URL: <https://www.baeldung.com/cs/networks-in-nlp> (Accessed: 14.07.2023).
8. Romanov V.P. (2003) Intellektual'nye informacionnye sistemy v ekonomike : uchebn. Posobie [Intellectual information systems in economics: Textbook] / ed. by Dr. of Economics, Prof. N.P. Tikhomirov. M.: Ekzamen. 496 p.
9. Dzhanlidze G.M. (2016) Rekurrentnye nejronnye seti v zadache analiza tonal'nosti teksta [Recurrent neural networks in the task of text tone analysis]. SPb. URL: <https://nauchkor.ru/pubs/rekurrentnye-nejronnye-seti-v-zadache-analiza-tonalnosti-teksta-587d36595f1be77c40d58d52> (Accessed: 17.07.2023).
10. Proshina M.V. (2022) Sovremennye metody obrabotki estestvennogo yazyka: nejronnye seti [Modern methods of natural language processing: neural networks] // Ekonomika stroitel'stva. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48612341&ysclid=lkwu3b9wvu763354629> (Accessed: 17.07.2023).
11. Obzor chetyreh popularnyh NLP-modelej [A review of four popular NLP models]. [Б. м.], 2020. URL: <https://proglab.io/p/obzor-chetyreh-populyarnykh-nlp-modelej-2020-04-21?ysclid=lk17nyaii9595571681> (Accessed: 17.07.2023).

12. Detal'nyj analiz i primeneniye CNN v obrabotke estestvennogo yazyka [A detailed analysis and application of CNNs in natural language processing]. [B. m.], 2020-2023. URL: <https://russianblogs.com/article/793111799/> (Accessed: 19.07.2023).
13. Svertochnye nejroseti: chto eto i dlya chego oni nuzhny? [Converged neural networks: what are they and what are they for?]. [B.m.], 2023. URL: <https://forklog.com/criptorium/ai/svertochnye-nejroseti-chto-eto-i-dlya-chego-oni-nuzhny> (Accessed: 23.07.2023).
14. Ispol'zovanie svertochnyh nejronnyh setej dlya zadach obrabotki estestvennyh yazykov: (video doklad) [Using convolutional neural networks for natural language processing tasks: (video report)] // Fedya Simonov: [YouTube channel]. [B. m.], 2016. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=-jhtNLejFu0> (Accessed: 21.07.2023).
15. Primeneniye svertochnyh nejronnyh setej dlya zadach NLP [Application of convolutional neural networks to NLP tasks]. [B. m.], 2006-2023. URL: <https://habr.com/ru/companies/ods/articles/353060/> (Accessed: 21.07.2023).

Информация об авторах:

Ширяева А.А. – студентка, факультет иностранных языков, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск, Россия). E-mail: alena_shiryayeva_2002@mail.ru

Новицкая И.В. – доктор филологических наук, доцент, профессор кафедры английской филологии, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск, Россия). E-mail: irno2012@yandex.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Shiryayeva A.A., Student, Faculty of Foreign Languages, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia). E-mail: alena_shiryayeva_2002@mail.ru

Novitskaya I.V., D.Sc. (Philology), Associate Professor, Professor of the Department of English Philology, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia). E-mail: irno2012@yandex.ru

The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию 12.02.2024; принята к публикации 29.08.2024

Received 12.02.2024; accepted for publication 29.08.2024