

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
"Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"

На правах рукописи

Азеркович Илья Леонидович

**Оценка вклада онтологической информации
в распознавание кореферентных связей на материале русского языка**

Резюме диссертации
на соискание ученой степени
кандидата филологических наук

Научный руководитель
кандидат филологических наук
Толдова Светлана Юрьевна

Москва – 2021

Введение

Задачей автоматического распознавания кореферентных связей в тексте является обнаружение в тексте анафорических и кореферентных выражений и объединение их в зависимости от того, к какой сущности они относятся. Эта задача является актуальной во многих направлениях автоматического анализа текста, включая в том числе машинный перевод, диалоговые системы и извлечение информации.

Решением данной проблемы занимались многие ученые начиная с середины XX века и до настоящего времени (см. работы О. Богуславской и И. Муравьевой, Д. Селезнева, А. Кибрика, Т. Winograd, Е. Charniak, J. Hobbs, R. Mitkov, M. Poesio), и на момент написания работы в данной области достигнуты значительные успехи. Так, теоретически и экспериментально выделен ряд ключевых признаков, позволяющих установить наличие или отсутствие кореферентного отношения между двумя упоминаниями в тексте, и на их основе создано большое количество автоматических систем различной архитектуры, позволяющих осуществлять автоматический анализ текстов.

Однако подавляющая часть данных достижений получена на базе нескольких конкретных языков: английского, арабского и китайского, в то время как для других языков, в частности русского, опробованы и реализованы лишь некоторые из них, что видно, например, при сравнении диапазона работ, представленных на соревнованиях CoNLL-2012 [11] (английский, китайский и арабский языки) и Ru-Eval-2014 [22], или упомянутых в обзорной статье [25] (русский язык). Существование такого разрыва определяет актуальность данной работы. Как показали результаты упомянутого соревнования Ru-Eval-2014, большая часть автоматических систем, существующих для русского языка, использует исключительно морфологические и синтаксические признаки для распознавания кореферентных связей. В то же время, результаты значительного количества исследований ([14; 18–20] и др.) позволяют прийти к выводу о том, что использование семантических признаков позволяет повысить качество работы таких систем. В этой связи актуальным оказывается вопрос о том, в какой именно степени тезаурусная информация может повлиять на улучшение качества распознавания кореферентности, и каким образом ее следует учитывать. Настоящая работа призвана заполнить лакуны как в корпусных исследованиях, так и в исследованиях в рамках АОТ относительно роли тезаурусной информации в построении и распознавании кореферентных цепочек, что и определяет новизну настоящей работы.

Цель работы заключалась в разработке систем автоматического распознавания кореферентности, использующих для повышения качества анализа семантическую информацию из источников, находящихся в свободном доступе. Для достижения поставленной цели нами были решены следующие задачи:

1. Рассмотреть существующие теоретические и практические подходы к анализу анафоры и кореферентности
2. Изучить наиболее распространенные алгоритмы и основные системы для автоматического распознавания кореферентности
3. Изучить различные способы извлечения и представления семантической информации из источников
4. Составить представление о встречаемости различных случаев кореферентности в текстах и видах семантической информации, использование которых наиболее эффективно
5. Исследовать меры семантической близости как способ представления семантической информации для автоматического анализа
6. Создать рабочие прототипы систем автоматического распознавания кореферентности и оценить влияние использования семантической информации на качество их работы.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Онтологическая и семантическая информация являются одним из важных факторов для успешного осуществления референции и установления кореферентных связей.
2. Связи между именными группами в кореферентных цепочках могут определяться тезаурусными отношениями и энциклопедической информацией. Количество таких групп значительно и может влиять на качество работы систем разрешения кореферентности.
3. Меры семантической близости могут быть полезны для верного объединения именных групп в кореферентные цепочки при автоматическом анализе.
4. Использование мер семантической близости в системах автоматического разрешения кореферентных связей позволяет заметно повысить качество их работы.

Важность семантической информации для распознавания кореферентных связей еще раз определяет явление кореферентности и теорию референции в целом как относящиеся не только к сфере морфологии или синтаксиса, но также к теории дискурса. Кроме того, созданная в результате работы классификация кореферентных отношений и анализ их дистрибуции в зависимости от жанра текста, представляет интерес с точки зрения прагматики. Этим определяется теоретическая значимость данной работы. Полученное в результате проведенных экспериментов повышение качества автоматического анализа и возможность далее использовать эти результаты при решении задач распознавания кореферентности составляет практическую значимость исследования.

В процессе проведения исследования использовались методы количественного анализа для анализа дистрибуции кореферентных отношений в корпусе,

качественного анализа для оценки пригодности мер семантической близости к использованию в автоматических системах, а также методы программирования для создания и оценки качества работы систем автоматического распознавания кореферентности.

Промежуточные результаты исследования апробированы в ходе участия в научных конференциях (Диалог–2017, AINL 2018, AIST 2019, GWC 2019).

Содержание работы отражено в следующих публикациях:

1. Азеркович И. Использование мер семантической близости для распознавания кореферентности в русском языке / И. Азеркович // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2019. – Т. 17. – № 1. – С. 65-77.
2. Azerkovich I. Employing wikipedia data for coreference resolution in Russian [Использование данных Википедии в разрешении кореферентности для русского языка] / I. Azerkovich // Artificial Intelligence and Natural Language. AINL 2017. Communications in Computer and Information Science. – Springer, Cham, 2018. – Vol. 789. – P. 107-112.
3. Azerkovich I. Using Semantic Information for Coreference Resolution with Neural Networks in Russian [Использование семантической информации для разрешения кореферентности для русского языка с использованием нейронных сетей] / I. Azerkovich // Analysis of Images, Social Networks and Texts. AIST 2019. Communications in Computer and Information Science / eds. W.M.P. van der Aalst [et al.]. – Cham: Springer International Publishing, 2020. – Vol. 1086. – P. 85-93.

1. Разработка классификации экстралингвистической информации

Первой задачей, которую было необходимо решить, приступая к исследованию, была теоретическая проблема классификации экстралингвистической информации. Поскольку информация, необходимая для установления кореферентной связи, может иметь различный характер и даже быть получена из разных источников, было необходимо определить, какие виды информации используются при создании новых номинаций, и возможно ли ограничить рассмотрение несколькими из них.

Для решения этой задачи была разработана классификация кореферентных отношений в зависимости от типа дополнительной информации, содержащейся в элементах цепочки относительно ее вершины. Ее создание позволило очертить круг потенциальных конкретных задач исследования и в дальнейшем сфокусироваться на наиболее представленных в текстах отношениях.

Классификация создавалась на материале русского кореферентного корпуса RuCor, собранного в качестве материала для соревнования систем автоматического распознавания кореферентности, проводившегося в рамках

форума RuEval-2014 [22]. В корпус входит 180 текстов различных жанров: помимо новостных статей он содержит фрагменты художественных произведений, тексты из интернет-блогов, а также статьи русского сегмента Википедии, что обеспечивает жанровое разнообразие корпуса. В общей сложности тексты корпуса содержат 3638 кореферентных цепочек и 16557 кореферентных групп. Итоговая классификация основана на разграничении прагматической и семантической информации. Семантическая информация, в свою очередь, разделяется на контекстную и онтологическую, онтологическая далее делится по видам онтологических отношений:

I. Прагматическая информация

1. Метатекстовая информация
2. Ситуационная информация

II. Семантическая информация

1. Контекстная информация
2. Онтологическая информация
 - i. Гипо- и гиперонимия
 - ii. Синонимия
 - iii. Метонимия
 - iv. Когипонимия
 - v. Отношения неполной идентичности, бриджинг

Далее, чтобы оценить степень распространенности каждого из типов информации, была осуществлена разметка текстов корпуса на основе полученной классификации. Из всех кореферентных цепочек корпуса именные группы, содержащие дополнительную информацию, которые в дальнейшем описании было решено, используя термин Н.Д. Арутюновой [2] называть *гетерономинативными*, входили в 18% из них. Количество именных групп, размеченных таким образом, составило 10% от общего количества именных групп, входящих в кореферентные цепочки корпуса. Необходимо также отметить, что среди кореферентных цепочек, состоящих из двух элементов, второй элемент 30% из них являлся гетерономинативным.

Из всех видов информации, представленных в классификации, наиболее представленными в корпусе оказались онтологические отношения синонимии и гипонимии, что позволило в дальнейших экспериментах сосредоточиться именно на этих отношениях.

2. Эксперименты по использованию онтологической информации

На следующем этапе работы были сформулированы следующие исследовательские вопросы:

- (а) насколько данные русскоязычных источников могут использоваться для извлечения семантической информации, которая впоследствии будет интегрирована в систему автоматического распознавания кореферентности;
- (б) каким способом семантическая информация из использованных источников должна быть представлена для того, чтобы ее было возможно использовать в указанных системах.

Для ответа на данные вопросы был проведен ряд экспериментов.

2.1. Оценка Википедии как источника онтологической информации

Первый предварительный эксперимент проводился с целью оценить адекватность русскоязычного сегмента онлайн-энциклопедии Википедия с точки зрения представленной в нем онтологической информации. Эксперимент проводился следующим образом: сначала был собран корпус новостных текстов, посвященных заданному списку именованных сущностей, затем из соответствующих статей русской Википедии была извлечена онтологическая информация, которая впоследствии должна была быть использована для улучшения качества разрешения кореферентных связей. Далее была разработана архитектура системы автоматического разрешения кореферентных связей, основанная на алгоритме попарного разрешения кореферентности, и проведено сравнение производительности двух ее итераций: не использующей и использующей признаки, основанные на онтологической информации, соответственно.

Набор признаков, использованный для анализа, был разработан с опорой на классическую работу [24], а также работу [9], посвященную вопросу выбора оптимальных признаков для алгоритмов машинного обучения. В системе использовались три класса признаков: текстовые, морфологические, а также дистанционные. Текстовые представляли собой сравнение вершины и модификаторов, дистанционные – расстояние между членами пары, а морфологические – проверку совпадения значений основных морфологических признаков у обоих членов пары. К набору признаков во второй версия системы был добавлен следующий бинарный семантический признак: встречаются ли оба члена пары в тексте статьи Википедии.

В результате эксперимента система, в которую были добавлены признаки, основанные на текстовой информации из статей Википедии, показала лучшее качество распознавания связей, чем система, в которой эти признаки отсутствовали (результаты приведены в Таблица 1. Одновременно с этим был сделан вывод о необходимости оптимизировать представление онтологической информации, чему были посвящены эксперименты, описанные в следующей главе.

Таблица 1: Оценки качества работы системы

Версия системы	Точность (P)	Полнота (R)	F-мера
Базовые признаки	0.763	0.739	0.727
Базовые признаки + Википедия	0.777	0.765	0.758

Для устранения недостатков системы, а также расширения использованной в предыдущем эксперименте методики на другие классы референтов, были предприняты следующие меры: а) использовать для определения онтологической связи не текстовые пересечения, а квантифицируемые признаки; б) использовать признаки, позволяющие учитывать несколько уровней семантических связей; в) использовать альтернативные источники онтологической информации помимо Википедии.

2.2. Изучение степени корреляции семантической близости и кореферентности

Для реализации предложенных мер были сформулированы и проведены следующие этапы экспериментов. Результаты экспериментов должны были решить следующие задачи:

1. Оценить возможность использования метрик семантической близости для распознавания кореферентности;
2. Построить систему автоматического распознавания кореферентности, использующую вышеуказанные метрики.

Для решения первой задачи были выбраны несколько мер семантической близости, использующих разные методы вычисления: длину пути в онтологии, собственную информацию сравниваемых понятий и степени близости текстов соответствующих статей Википедии. Использовались следующие меры:

1. Основанные на длине пути в онтологии:
 - a. Мера [12] (*rada*)
 - b. Мера [27] (*wp*)
 - c. Мера [16] (*lc*)
2. Основанные на собственной информации:
 - a. Модифицированная мера [21], описанная в работе [23] (*res*)
3. Основанные на текстовых пересечениях:
 - a. Модифицированная мера [17], описанная в [8] (*lesk*)

В качестве источников онтологической информации в дополнение к Википедии был выбран тезаурус русского языка RuThes, описанный в работе [3].

Далее для каждой из выбранных метрик был подсчитан коэффициент корреляции значений мер семантической близости между парами сущностей и наличием между ними кореферентного отношения. В качестве нижнего порога оценки качества использовалась мера Жаккара.

Таблица 2: Значения коэффициента корреляции метрик семантической близости

	<i>jaccard</i>	<i>rada</i>	<i>wp</i>	<i>lc</i>	<i>res</i>	<i>lesk</i>
RuThes	0.34	0.56	0.51	0.59	0.30	n/a
Википедия	0.34	0.05	0.58	0.35	0.23	0.03
Википедия (именованные сущности)	0.6	0.7	0.08	0.6	0.2	0.2

Из приведенных данных о корреляции различных мер с кореферентной разметкой видно, что данные, подсчитанные на основе данных RuThes, в целом оказались более репрезентативными, чем меры, основанные на данных Википедии. В то же время, последние оказались репрезентативны при анализе именованных сущностей. Меры, основанные на расстоянии между сущностями, как обычная мера *rada*, так и ее нормализованные варианты, оказались наиболее репрезентативными из рассмотренных. Мера информационной содержательности оказалась менее репрезентативной для данных из обоих источников.

2.3. Создание прототипа системы на основе алгоритмов машинного обучения

Затем было оценено качество работы нескольких алгоритмов распознавания кореферентности, использующих отобранные метрики. Первая из рассмотренных систем была создана на базе использовавшейся в статьях [15] и [26] модели разрешения кореферентности, основанной на алгоритме «решающих деревьев» (decision trees).

В основе архитектуры системы лежал алгоритм попарной классификации. Для обучения он использовал признаки, основанные на расстоянии между членами пары и их морфологическими характеристиками, но кроме того учитывал синтаксические и простейшие семантические признаки, такие как проверки на то, является ли одна из групп в паре аппозитивной к другой или являются ли члены пары именами собственными. Итоговый набор признаков совпадает с 11 основными признаками, описанными в работе [26], кроме того, были имплементированы дистанционные и морфологические признаки из упомянутой статьи. На втором этапе эксперимента к набору признаков добавлялись значения метрик семантической близости для пары «анафор–потенциальный антецедент». Оценка качества работы системы осуществлялась с использованием метрик MUC [4] и V^3 [7], ее результаты приведены в Таблица 3.

Таблица 3: Метрики качества для различных версий системы — I

	MUC	V^3
--	-----	-------

	Точность	Полнота	F- мера	Точность	Полнота	F- мера
Версия 1	72.76	59.49	65.46	71.01	44.50	54.71
Версия 2 (Википедия)	70.28	59.71	64.56	66.50	44.63	53.41
Версия 1 (RuThes)	72.72	59.43	65.41	71.15	44.44	54.71
Версия 2	73.57	60.01	66.10	71.77	44.93	55.26

Из приведенных результатов видно, что в то время, как использование признаков на основе Википедии позволяет повысить полноту результатов, использование признаков на основе RuThes увеличивает точность распознавания связей. Таким образом, совмещение признаков, полученных из обоих источников, позволяет достигнуть максимального улучшения качества работы системы. Этим подтверждаются выводы о полезности информации из Википедии, несмотря на более низкие параметры корреляции.

2.4. Создание прототипа системы на основе нейронных сетей

На последнем этапе экспериментов была протестирована система, использующая для разрешения кореферентности модель на основе нейронных сетей. Использование нейронных сетей для решения задач автоматической обработки текстов в последнее время приобретает большую популярность. Нейронные сети используются для распознавания и генерации речи, автоматического перевода и т. д. В том числе, предпринимаются попытки применить этот метод для задачи распознавания кореферентности [10; 13].

В основе использованной модели лежит сеть прямого распространения, которая может быть условно разделена на две последовательные части, кодирование упоминаний и модель ранжирования. Под кодированием упоминаний понимается преобразование подаваемой на вход пары, состоящей из упоминания и его потенциального антецедента, в матричное представление, используемое во втором модуле системы. Модель ранжирования представляет собой дополнительный слой нейронной сети, активирующийся после описанного выше кодирования упоминаний и принимающий на вход матричные представления, сгенерированные в результате данного кодирования.

В качестве признаков входного вектора использовались морфологические и текстовые признаки упоминаний и их пар, а также векторные представления сравниваемых групп. Сравнимые модели, как и в предыдущих экспериментах, различались наличием и отсутствием семантических признаков.

Результаты оценки качества работы моделей приведены в Таблица 4. Видно, что, с одной стороны, они значительно выше, чем результаты предыдущего эксперимента, но, с другой стороны, они сохраняют те же закономерности. Признаки на основе тезаурусной информации позволяют повысить точность

результатов, но снижают их полноту, в то время как использование признаков на основе данных Википедии дает противоположный эффект. Совместное использование информации из обоих источников дает наиболее высокие показатели метрик.

Таблица 4: Метрики качества для различных версий системы — II

	MUC			B ³		
	Точность	Полнота	F-мера	Точность	Полнота	F-мера
Модель 1	68.3	60.7	64.3	56.8	64.4	60.4
Модель 2 (RuThes)	69.3	72.9	71.0	57.1	62.4	59.7
Модель 2 (Wikipedia)	64.1	67.9	66.0	56.6	65.9	60.9
Модель 2	69.3	73.0	71.1	56.8	68.2	62.0

В результате проведенной серии экспериментов были получены следующие результаты:

- Значения метрик семантической близости коррелируют с наличием кореферентных связей в паре упоминаний и, следовательно, могут использоваться в качестве вспомогательных признаков при их автоматическом распознавании
- Меры семантической близости, вычисленные на основе информации из разных источников, могут не совпадать у именных групп разных классов, в частности, у нарицательных имен и именованных существей.
- Использование признаков на основе семантической информации повышает качество автоматического распознавания кореферентности вне зависимости от используемой стратегии разрешения связей, а также от конкретного алгоритма анализа, реализованного в системе.

3. Заключение

В результате проведенных исследования были получены следующие результаты:

- Была разработана классификация кореферентных отношений на основании характера информации, содержащейся в производных номинациях: прагматической или семантической и, для семантической, контекстной или онтологической. Она, с одной стороны, предлагает взгляд на вопросы теории кореферентности с точки зрения семантики и прагматики и, с другой стороны, предоставляет теоретические основания для использования различных семантически ориентированных признаков в автоматическом анализе кореферентных связей.
- На основе разработанной классификации был проведен анализ дистрибуции различных кореферентных связей в корпусе русских текстов

на материале корпуса RuCor и сделаны заключения о связи жанровой принадлежности текста и встречаемости в нем кореферентных связей различного типа.

- Была доказана возможность использования мер семантической близости между понятиями в качестве признаков для распознавания кореферентности, поскольку их значения коррелируют с наличием или отсутствием кореферентной связи между словами.
- Было разработано несколько прототипов систем автоматического распознавания кореферентных отношений, использующих признаки на основе семантической информации. Созданные прототипы различались как используемыми в них представлениями семантической информации, так и архитектурой систем, и алгоритмами, лежащими в их основе. Несмотря на данные различия, все рассмотренные системы продемонстрировали качество анализа выше, чем у аналогов, не использующих семантические признаки.

Направлением дальнейших исследований, основанных на результатах данной работы, является углубленная разработка и улучшение предложенных здесь прототипов систем автоматического распознавания кореферентных связей. Представляется, что оптимизированы могут быть, с одной стороны, используемые в системе семантические признаки – применяя другие меры семантической близости или методы оптимизации лексических векторов. Кроме того, могут использоваться как другие наборы остальных признаков, так и другие алгоритмы и парадигмы автоматического анализа, такие как ранжирование кластеров упоминаний или использование графов. Большой интерес также представляет дальнейшее изучение потенциала нейронных сетей как очень активно развивающейся методологии для задач автоматической обработки языка в целом и разрешения кореферентных связей в частности.

Список литературы

1. Азеркович И. Использование мер семантической близости для распознавания кореференции в русском языке / И. Азеркович // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2019. – Т. 17. – № 1. – С. 65-77.
2. Арутюнова Н.Д. Номинация и текст / Н.Д. Арутюнова // Языковая номинация. Виды наименований / ред. Б.А. Серебренников, А.А. Уфимцева. – Москва: Наука, 1977. – С. 304-355.
3. Лукашевич Н.В. Тезаурусы в задачах информационного поиска / Н.В. Лукашевич. – Москва: Издательский Дом МГУ, 2011. – 512 с.
4. A Model-Theoretic Coreference Scoring Scheme / M. Vilain [et al.] // Proceedings of the 6th Message Understanding Conference (MUC-6). – 1995. – P. 45-52.

5. Azerkovich I. Employing wikipedia data for coreference resolution in Russian / I. Azerkovich // Artificial Intelligence and Natural Language. AINL 2017. Communications in Computer and Information Science. – Springer, Cham, 2018. – Vol. 789. – P. 107-112.
6. Azerkovich I. Using Semantic Information for Coreference Resolution with Neural Networks in Russian / I. Azerkovich // Analysis of Images, Social Networks and Texts. AIST 2019. Communications in Computer and Information Science / eds. W.M.P. van der Aalst [et al.]. – Cham: Springer International Publishing, 2020. – Vol. 1086. – P. 85-93.
7. Baldwin B. Algorithms for Scoring Coreference Chains / B. Baldwin, A. Bagga // The First International Conference on Language Resources and Evaluation Workshop on Linguistics Coreference. – 1998. – P. 563-566.
8. Banerjee S. Extended Gloss Overlaps as a Measure of Semantic Relatedness / S. Banerjee, T. Pedersen // Proceedings of the Eighteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence. – 2003. – P. 805--810.
9. Bengtson E. Understanding the Value of Features for Coreference Resolution / E. Bengtson, D. Roth // Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. – Honolulu, Hawaii: Association for Computational Linguistics, 2008. – P. 294-303.
10. Clark K. Improving Coreference Resolution by Learning Entity-Level Distributed Representations / K. Clark, C.D. Manning // Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers). – 2016. – P. 643-653.
11. CoNLL-2012 shared task: Modeling multilingual unrestricted coreference in OntoNotes / S. Pradhan [et al.] // Joint Conference on EMNLP and CoNLL - Shared Task. – 2012. – P. 1-40.
12. Development and Application of a Metric on Semantic Nets / R. Rada [et al.] // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. – 1989. – Vol. 19. – № 1. – P. 17-30.
13. Fernandes E.R. Latent Structure Perceptron with Feature Induction for Unrestricted Coreference Resolution / E.R. Fernandes, C.N. dos Santos, R.L. Milidiú // Proceedings of the Joint Conference on EMNLP and CoNLL: Shared Task. – 2012. – P. 41-48.
14. Harabagiu S.M. Text and knowledge mining for coreference resolution / S.M. Harabagiu, R.C. Bunescu, S.J. Maiorano // 2nd Meeting of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics, Proceedings of the Conference. – The Association for Computational Linguistics, 2001. – P. 55-62.
15. Kutuzov A.B. The impact of morphology processing quality on automated anaphora resolution for Russian / A.B. Kutuzov, M. Ionov // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: По материалам ежегодной Международной конференции “Диалог” (Бекасово, 4–8 июня 2014 г.). – 2014. – Vol. 13. – № 20. – P. 232-240.
16. Leacock C. Combining local context with wordnet similarity for word sense

- identification / C. Leacock, M. Chodorow // WordNet: an electronic lexical database. – MIT Press, 1998. – P. 265-283.
17. Lesk M. Automatic Sense Disambiguation: How to Tell a Pine Cone from an Ice Cream Cone / M. Lesk // Proceedings of the 1986 SIGDOC Conference. – 24-26: ACM, 1986. – P. 24-26.
18. Markert K. Comparing knowledge sources for nominal anaphora resolution / K. Markert, M. Nissim // Computational Linguistics. – 2005. – Vol. 31. – № 3. – P. 367-401.
19. Ponzetto S.P. Exploiting semantic role labeling, WordNet and Wikipedia for coreference resolution / S.P. Ponzetto, M. Strube // Proceedings of the main conference on Human Language Technology Conference of the North American Chapter of the Association of Computational Linguistics. – Association for Computational Linguistics, 2006. – Vol. 33. – P. 192-199.
20. Rahman A. Coreference resolution with world knowledge / A. Rahman, V. Ng // Proceedings of the 49th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies-Volume 1. – The Association for Computer Linguistics, 2011. – P. 814-824.
21. Resnik P. Using Information Content to Evaluate Semantic Similarity in a Taxonomy / P. Resnik // IJCAI. – 1995. – P. 448-453.
22. RU-EVAL-2014: Evaluating anaphora and coreference resolution for Russian / S. Toldova [et al.] // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: По материалам ежегодной Международной конференции “Диалог” (Бекасово, 4–8 июня 2014 г.). – 2014. – Vol. 13. – P. 681-694.
23. Seco N. An Intrinsic Information Content Metric for Semantic Similarity in WordNet / N. Seco, T. Veale, J. Hayes // ECAI. – IOS Press, 2004. – P. 1089-1090.
24. Soon W.M. A machine learning approach to coreference resolution of noun phrases / W.M. Soon, D.C.Y. Lim, H.T. Ng // Computational Linguistics. – 2001. – Vol. 27. – № 4. – P. 521-544.
25. Sysoev A.A. Coreference resolution in Russian: state-of-the-art approaches application and evolvement / A.A. Sysoev, I.A. Andrianov, A.Y. Khadzhiiskaia // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Papers from the Annual International Conference “Dialogue” (2017). – 2017. – P. 341-352.
26. Toldova S. Coreference Resolution for Russian: The Impact of Semantic Features / S. Toldova, M. Юнов // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: по материалам ежегодной международной конференции “Диалог” (Москва, 31 мая — 3 июня 2017 г.). – 2017. – Vol. 16. – P. 339-348.
27. Wu Z. Verb Semantics and Lexical Selection / Z. Wu, M. Palmer // ACL. – 1994. – P. 133-138.