

УДК 004.912

АНАЛИЗ СЕМАНТИЧЕСКОЙ БЛИЗОСТИ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ РАБОЧИХ ПРОГРАММ ДИСЦИПЛИН

Гиниятуллин В.М., Ермолаев Е.В., Салихова М.А.,
Хлыбов А.В., Чурилов Д.А., Чурилова Е.А.

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Уфа, e-mail: fentazer@mail.ru*

Статья является логическим продолжением предыдущей статьи «Оценка семантической близости критериев оценивания в рабочих программах вуза». В данном случае более детально описаны разработанное приложение и загрузка исходных данных. Выполнено большее количество вычислений на трех разных учебных потоках. В итоге было разобрано 9 рабочих программ дисциплин. Все расчеты проведены с учетом рекомендаций, сделанных в первой статье, поэтому анализ рабочих программ дисциплин на семантическую близость критериев оценивания проведен с помощью двух метрик: косинусной меры и евклидова расстояния. Проведено перефразирование критериев оценивания с недостаточной семантической близостью. Это позволило улучшить показатель аппроксимации результатов расчета метрик, т.е. повысить семантическую близость фраз, для которых она имеет низкое значение. Повышение значения происходит без потери смысловой значимости. Таким образом, результаты расчета можно использовать в практических целях, например при создании автоматизированного помощника преподавателя, когда написанное будет проверяться системой на семантическую близость, т.е. будет установлен некий порог для фраз. Это позволит отбрасывать те фразы, которые не соответствуют порогу, регулировать процесс создания описаний критериев оценивания.

Ключевые слова: рабочие программы, векторное представление, евклидово расстояние, косинусная мера, аппроксимация полиномом

ANALYSIS OF THE SEMANTIC SIMILARITY OF THE ASSESSMENT CRITERIA IN THE EDUCATIONAL PROGRAMS OF THE DISCIPLINES

Giniyatullin V.M., Ermolaev E.V., Salikhova M.A.,
Khlybov A.V., Churilov D.A., Churilova E.A.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Ufa State Petroleum Technological University» (USPTU), Ufa, e-mail: fentazer@mail.ru*

The article is a logical continuation of the previous article «Evaluation of the semantic similarity between assessment criteria in the educational programs of the university». In this case, the developed application and the loading of the initial data are described in more detail. More calculations were performed on three different streams of students. As a result, nine educational programs of disciplines were analyzed. All calculations were carried out taking in accordance with the recommendations made in the first article, therefore, the analysis of the educational programs of the disciplines for the semantic similarity of the assessment criteria was carried out using two metrics: a cosine measure and a Euclidean distance. The rephrasing of the assessment criteria with insufficient semantic similarity was carried out. This made it possible to improve the indicator of approximation of the results of calculating metrics, i.e. increase the semantic similarity of phrases for which it has a low value. The increasing value occurs without loss of the meaningfulness. Thus, the calculation results can be used for practical purposes, for example, when creating an automated teacher's assistant, when what is written will be checked by the system for semantic similarity, i.e. a certain threshold for phrases will be set. This will allow you to discard those phrases that do not match the threshold, regulate the process of creating descriptions of assessment criteria.

Keywords: educational programs, vector representation, Euclidean distance, cosine measure, polynomial approximation

Рабочая программа дисциплины – это нормативный документ, входящий в состав основной образовательной программы высшего профессионального образования по соответствующему направлению подготовки и профилю [1].

Целями разработки рабочих программ дисциплин являются определение места дисциплины в системе подготовки бакалавра (магистра), раскрытие содержания учебного материала, организации и технологии

обучения, способов проверки результатов обучения, учебно-методического и материально-технического обеспечения учебного процесса.

При разработке рабочих программ необходимо учитывать и соблюдать требования, описанные в Федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования [2]. Существенной сложностью при разработке рабочих программ является самостоятельное составление критериев

оценивания выполняемых работ. Критерии оценивания должны быть составлены таким образом, чтобы не возникало их двусмысленного толкования [3, 4].

В работе рассмотрены 9 рабочих программ, из них выделены критерии оценивания, были произведены анализ критериев и оценка семантической близости между ними. Для оценки семантической близости существует ряд метрик, которые делятся на группы по учитываемым параметрам, таким как:

– частота символов или слов (коэффициент Танимото, мера Дайса, коэффициент Симпсона) [5, 6];

– редакционное расстояние (расстояние Левенштейна, расстояние Джаро) [7, 8];

– семантическая близость слов (косинусная мера, скалярное произведение, евклидово расстояние, манхэттенское расстояние, расстояние Минковского) [9–10].

В статье [11] был сделан вывод, что для анализа семантической близости достаточно использовать метрики, основанные на нахождении косинусной меры и евклидова расстояния.

Косинусная мера предполагает представление частот встречаемости терминов в двух текстах в виде векторов и определение степени смысловой близости этих текстов на основе вычисления косинуса угла, который образуют два вектора, увеличения значения косинуса указывает на большую степень близости между документами. Косинусная мера изменяется от 0 до 1 вычисляется по формуле:

$$\text{sim}(t1,t2) = \frac{\sum f_{i \in t1} \times \sum f_{i \in t2}}{\sqrt{\sum f_{i \in t1}^2} \times \sqrt{\sum f_{i \in t2}^2}}, \quad (1)$$

где sim – мера смысловой близости текстов $t1$ и $t2$;

f – частотность некоторого i -го термина.

Евклидово расстояние трактуется как расстояние между точками в многомерном пространстве, для похожих документов оно будет стремиться к нулю. Евклидово расстояние изменяется от 0 до ∞ и рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} \text{simEvklid}(t1,t2) = \\ = \sqrt{\sum_{i=1}^n ((tf - idf_{di}) - (tf - idf_{qi}))^2}, \quad (2) \end{aligned}$$

где n – количество терминов;

i – переменная-счетчик;

tf – частота термина в тексте;

idf – обратная документная частота.

Методы и средства исследования

Для нахождения косинусной меры и евклидова расстояния в облачном сервисе Google Colab [12] было разработано приложение с использованием библиотеки TensorFlow и языковой модели ELMo. Библиотека TensorFlow реализует концепцию глубокого обучения [13]. Языковая модель ELMo – Embedding Language Model (ELMo) – генерирует контекстно-зависимые эмбединги [14]. Эмбединг – векторное представление смысла предложения [15].

Загрузка исходных данных и расчет семантического расстояния

В качестве исходных данных были взяты 9 рабочих программ Уфимского государственного нефтяного технического университета.

1. Профиль подготовки «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений»

1.1. Дисциплина «Автоматизированный электропривод».

1.2. Дисциплина «Иностранный язык».

1.3. Дисциплина «Инженерная и компьютерная графика».

2. Профиль подготовки «Бурение нефтяных и газовых скважин»

2.1. Дисциплина «Математика».

2.2. Дисциплина «Начертательная геометрия и инженерная компьютерная графика».

2.3. Дисциплина «Термодинамика и теплопередача».

3. Профиль подготовки «Машины и аппараты химических производств»

3.1. Дисциплина «Иностранный язык».

3.2. Дисциплина «Математика».

3.3. Дисциплина «Монтаж и ремонт оборудования нефтехимических производств».

В фондах оценочных средств имеется от 3 до 9 средств оценивания, к которым относятся: доклад, сообщение, компьютерное тестирование, контрольная работа, лабораторная работа, письменный и устный опрос, разноуровневые задачи и задания, расчетно-графическая работа, собеседование, устный опрос. Критерии оценивания лабораторных работ, письменных и устных опросов, расчетно-графических работ для дисциплины «Термодинамика и теплопередача» по профилю подготовки «Бурение нефтяных и газовых скважин» представлены в табл. 1.

Исходные данные для каждой рабочей программы объединяются в группы (сogrus), в каждом сogrus первой строкой вводятся критерии для оценки «5», второй для оценки «4», третьей для оценки «3», четвертой для оценки «2», пример на рис. 1.

Таблица 1

Критерии оценивания по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

Оценка	Критерий
1. Лабораторная работа	
5	Работа выполнена самостоятельно по методическим указаниям, расчеты приведены в полном объеме и без ошибок, сделаны полные выводы, отчет оформлен в соответствии с требованиями, при защите даны развернутые и полные ответы на все вопросы
4	Работа выполнена с помощью указаний преподавателя, в расчетах допущены незначительные ошибки, выводы по работе неполные, отчет о лабораторной работе оформлен не в полном соответствии с требованиями, ответы на вопросы неполные
3	Работа выполнена с помощью подробных указаний преподавателя, в расчетах допущены существенные ошибки, выводы по работе неполные, отчет о лабораторной работе оформлен без учета требований, ответы на вопросы частично неправильные
2	Участие в выполнении лабораторной работы не принималось, в расчетах допущены грубые ошибки, выводы по работе отсутствуют, отчет о лабораторной работе оформлен неаккуратно и без учета требований, ответы на вопросы неправильные или отсутствуют
2. Письменный и устный опрос	
5	Знает основные термодинамические закономерности, методы и модели, взаимосвязи между тепловыми и механическими процессами, методы моделирования, применяемые в тепловых, механических и химических процессах, дает развернутые и полные ответы на все вопросы
4	Знает основные термодинамические закономерности, методы и модели, взаимосвязи между тепловыми и механическими процессами, методы моделирования, применяемые в тепловых, механических и химических процессах, дает ответы на все вопросы, но ответы неполные
3	Имеет общие представления об основных термодинамических закономерностях, методах и моделях, взаимосвязи между тепловыми и механическими процессами, методах моделирования, применяемых в тепловых, механических и химических процессах, дает ответы не на все вопросы, ответы на вопросы частично неправильные
2	Не знает основных термодинамических закономерностей, методов и моделей, взаимосвязей между тепловыми и механическими процессами, методов моделирования, применяемых в тепловых, механических и химических процессах, ответы на вопросы неправильные или отсутствуют
3. Расчетно-графическая работа	
5	Задание выполнено полностью правильно, в отчете приведены необходимые теоретические сведения, ответ полный
4	Задание выполнено с небольшими неточностями, к отчету имеются замечания, теоретические сведения приведены не в полном объеме
3	Задание выполнено с ошибками, отчет неполный, теоретические сведения приведены в минимальном объеме
2	Задание выполнено неверно, отчет неполный, теоретические сведения не приведены либо задание отсутствует

```
# лабораторная работа
corpus1 = ["работа выполнена самостоятельно по методическим указаниям, расчеты приведены в полном объеме и без ошибок, ",
"работа выполнена с помощью указаний преподавателя, в расчетах допущены незначительные ошибки, выводы по раб",
"работа выполнена с помощью подробных указаний преподавателя, в расчетах допущены существенные ошибки, вывод",
"участие в выполнении лабораторной работе не принималось, в расчетах допущены грубые ошибки, выводы по работе"]

# письменный и устный опрос
corpus2 = ["знает основные термодинамические закономерности, методы и модели, взаимосвязи между тепловыми и механическим",
"знает основные термодинамические закономерности, методы и модели, взаимосвязи между тепловыми и механическим",
"имеет общие представления об основных термодинамических закономерностях, методах и моделях, взаимосвязи между",
"не знает основные термодинамические закономерности, методы и модели, взаимосвязи между тепловыми и механическим"]

# расчетно-графическая работа
corpus3 = ["задание выполнено полностью правильно, в отчете приведены необходимые теоретические сведения, ответ полный",
"задание выполнено с небольшими неточностями, к отчету имеются замечания, теоретические сведения приведены не",
"задание выполнено с ошибками, отчет неполный, теоретические сведения приведены в минимальном объеме",
"задание выполнено неверно, отчет неполный, теоретические сведения не приведены, либо задание отсутствует"]
```

Рис. 1. Группы критериев оценивания по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

Результаты расчетов представлены в виде матриц попарного сравнения, столбцы матрицы – это расстояния между оценками «5», «4», «3» и «2» в соответствующем порядке, т.е. только первая строка таблицы (рис. 2).

После нахождения косинусной меры и евклидова расстояния полученные результаты были перенесены в электронные таблицы и проведена их аппроксимация вторым порядком с выводом коэффициентов полинома и среднеквадратичного от-

клонения. Результаты аппроксимации евклидова расстояния приведены на рис. 3.

Результаты достоверности аппроксимации были сведены в табл. 2, из которой следует, что значения достоверности для письменного и устного опроса значительно меньше остальных.

Перефразированные тексты критериев для письменного и устного опроса представлены в табл. 3, собственно перефразирования в тексте отмечены полужирным начертанием.

```

+++++
similarity matrix1 =
[[1.          0.83439857 0.8071171 0.76082104]
 [0.83439857 1.          0.9632591 0.92036766]
 [0.8071171 0.9632591 1.0000002 0.93534327]
 [0.76082104 0.92036766 0.93534327 1.0000001 ]]
+++++

similarity matrix2 =
[[1.0000001 0.96713156 0.9273063 0.9422543 ]
 [0.96713156 0.99999994 0.9336955 0.95223874]
 [0.9273063 0.9336955 1.0000001 0.9243821 ]
 [0.9422543 0.95223874 0.9243821 1.0000005 ]]
+++++

similarity matrix3 =
[[0.99999994 0.79298 0.8138788 0.75847745]
 [0.79298 0.99999994 0.91006327 0.7541923 ]
 [0.8138788 0.91006327 1. 0.8010183 ]
 [0.75847745 0.7541923 0.8010183 1.0000002 ]]

```

Рис. 2. Результаты расчета косинусной меры

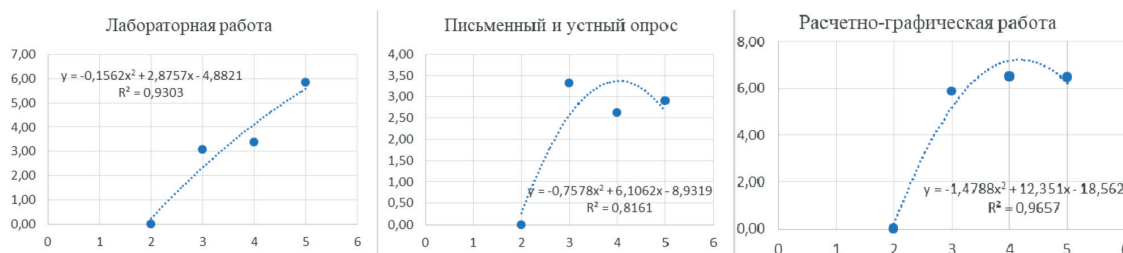


Рис. 3. Аппроксимации евклидова расстояния

Таблица 2

Результаты достоверности аппроксимаций

Средство оценивания	Методы анализа семантической близости	
	Косинусная мера	Евклидово расстояние
Лабораторная работа	0,9391	0,9303
Письменный и устный опрос	0,6812	0,8161
Расчетно-графическая работа	0,9874	0,9657

Таблица 3

Перефразированный текст исходных данных для письменного и устного опроса

Оценка	Критерий
Письменный и устный опрос	
5	Отвечает на поставленные вопросы основной термодинамической закономерности, приводит примеры взаимосвязи между тепловыми и механическими процессами, может ответить на дополнительные вопросы о методах моделирования, применяемых в тепловых, механических и химических процессах
4	Отвечает на поставленные вопросы основной термодинамической закономерности, приводит примеры взаимосвязи между тепловыми и механическими процессами, не может ответить на дополнительные вопросы о методах моделирования, применяемых в тепловых, механических и химических процессах
3	Отвечает на поставленные вопросы основной термодинамической закономерности, не приводит примеры взаимосвязи между тепловыми и механическими процессами, не может ответить на дополнительные вопросы о методах моделирования, применяемых в тепловых, механических и химических процессах
2	Не отвечает на поставленные вопросы основной термодинамической закономерности, не приводит примеры взаимосвязи между тепловыми и механическими процессами, не может ответить на дополнительные вопросы о методах моделирования, применяемых в тепловых, механических и химических процессах

В результате достоверность аппроксимации превысила значение 0,99 (рис. 4).

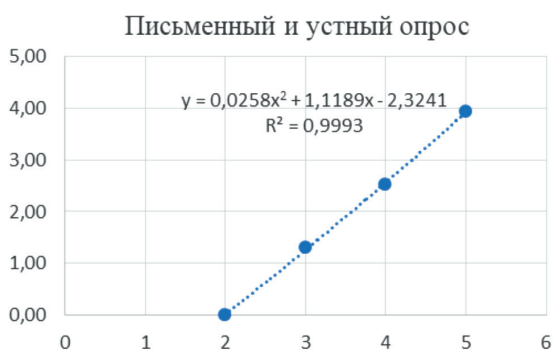


Рис. 4. Аппроксимация евклидова расстояния после перефразировки

Заключение

С помощью анализа семантической близости методами косинусной меры и евклидова расстояния было выявлено, что в некоторых программах рабочих дисциплин критерии оценивания недостаточно семантически близки. Также в ходе работы установлено, что можно повысить семантическую близость с помощью перефразирования имеющихся критериев оценивания без потери смысловой значимости.

Список литературы

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 05.04.2017 № 301 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам маги-

стратуры». [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/71721568/> (дата обращения: 24.07.2021).

2. Положение об основных профессиональных образовательных программах высшего образования – программах бакалавриата, программах специалитета, программах магистратуры, реализуемых федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ), утв. Приказом по УГНТУ от 04.09.2017 № 570-4. [Электронный ресурс]. URL: <http://rusoil.net/files/2019-06/Polozhenie-ob-OPOP.pdf> (дата обращения: 24.07.2021).

3. Еремицкая И.А. Разработка рабочих программ дисциплин (модулей), программ практик, государственной итоговой аттестации в условиях реализации ФГОС ВО // Педагогическая наука и образование в диалоге со временем. Астрахань: Изд-во ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет», 2020. С. 25-31.

4. Самодурова Т.В. Построение рабочих учебных программ дисциплин в соответствии с требованиями ФГОС ВПО // Педагогические условия реализации ФГОС общего и профессионального образования. Комсомольск-на-Амуре: Изд-во АмГПУ, 2014. С. 105–110.

5. Никитенко А. Векторное представление слов. 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://craftappmobile.com/vector-representation-of-words/> (дата обращения: 24.07.2021).

6. Исаков С. Векторные представления слов: все дело в контексте. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/word2vec-vektornye-predstavlenija-slov-dlja-mashinnogo-obucheniya/> (дата обращения: 24.07.2021).

7. Шумская А.О. Оценка эффективности метрик расстояния Евклида и расстояния Махаланобиса в задачах идентификации происхождения текста // Доклады томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Томск: Изд-во ТГУСУиР, 2013. С. 141–145.

8. Хачумов М.В. Расстояния, метрики и кластерный анализ // Искусственный интеллект и принятие решений. М.: Изд-во Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, 2012. С. 81–89.

9. Белова К.М., Судаков В.А. Исследование эффективности методов оценки релевантности текстов // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. М.: Изд-во Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2020. С. 1–16.

10. Яцко В.А. Особенности вычисления косинусной меры смысловой близости документов // Актуальные вопросы теории и практики развития научных исследований. Уфа: Изд-во Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2020. С. 69–75.

11. Гиниятуллин В.М., Салихова М.А., Хлыбов А.В., Чурилов Д.А., Чурилова Е.А. Оценка семантической близости между критериями оценивания в рабочих программах вуза // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 1. С. 12–19.

12. Сахнюк П.А. Возможности Google Colab для изучения технологий машинного обучения и нейронных сетей // Информатизация непрерывного образования. М.: Изд-во Российский университет дружбы народов (РУДН), 2018. С. 586–588.

13. Семченко Р.В., Еровлев П.А. Программирование нейронных сетей в Python с использованием библиотек Keras и TensorFlow // Постулат. Биробиджан: Изд-во Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема, 2020. № 7. С. 26–31.

14. Боровков Н.А., Фураев Ф.И. Использование языковой модели ELMO для задачи аспектно-ориентированного анализа тональности // Научная сессия ГУАП. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2019. С. 301–305.

15. Обзор четырех популярных NLP-моделей. [Электронный ресурс]. URL: <https://proglib.io/p/obzor-chetyreh-populyarnyh-nlp-modeley-2020-04-21> (дата обращения: 24.07.2021).