

Обучение науке о данных в англоязычной магистратуре стран БРИКС

Алиса Меликян

Статья поступила в редакцию в марте 2025 г. **Меликян Алиса Валерьевна** — кандидат наук об образовании, доцент факультета компьютерных наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Адрес: 109028 Москва, Покровский б-р, 11. E-mail: alikyan@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0141-5980>

Аннотация Проведено исследование англоязычных магистерских программ по науке о данных, реализуемых в странах БРИКС. Проанализированы характеристики 75 программ: их названия, специализация, форма, формат и продолжительность обучения, тип присуждаемой степени, стоимость обучения, содержание учебного плана, профессии выпускников, статус учебного заведения, предлагающего программу. В качестве методов исследования данных применены описательный и корреляционный анализ, непараметрические статистические тесты и кластеризация. Установлено, что в названиях магистерских программ чаще всего присутствуют термины «данные», «аналитика», «бизнес» и «наука», значительная доля программ действует в университетах и предполагает присуждение степени магистра наук, превалирует очная форма обучения в аудитории, самая распространенная длительность программ — два года. Обнаружены статистически значимые различия в стоимости обучения между странами и между программами с разной длительностью обучения. Кластерный анализ выявил четыре группы магистерских программ со схожими характеристиками: 1) дорогостоящие программы, реализуемые в университетах с невысоким рейтингом, присуждающие степень магистра наук; 2) самые дорогостоящие программы, преимущественно предлагаемые учебными заведениями, которые не имеют статуса университета, присуждающие степень магистра наук, значительная доля этих программ специализируется на определенной предметной области; 3) программы с самой низкой стоимостью обучения, действующие в высокорейтинговых университетах, весомая доля этих программ специализируется на той или иной предметной области или на конкретном методе работы с данными; 4) программы с низкой стоимостью обучения, реализуемые преимущественно в университетах с невысоким рейтингом и специализированные в значительной своей части на предметной области.

Ключевые слова наука о данных, аналитика данных, образование по науке о данных, учебные программы, магистратура, страны БРИКС, образовательное сотрудничество

Для цитирования Меликян А.В. (2026) Обучение науке о данных в англоязычной магистратуре стран БРИКС. *Вопросы образования / Educational Studies Moscow*. <https://doi.org/10.17323/vo-2026-24836>

Data Science Education in BRICS English-Language Masters Programs

Alisa Melikyan

Alisa V. Melikyan — Candidate of Sciences in Education, Associate Professor at the Faculty of Computer Science, HSE University. Address: 11 Pokrovsky Bulvar, 109028 Moscow, Russian Federation. E-mail: amelikyan@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0141-5980>

Abstract Article presents result of the study of the segment of English-language master's programs in data science implemented in BRICS countries. Characteristics of 75 programs were analyzed: title; specialization; form, format and duration of study; type of degree awarded; tuition fees; curriculum content; professions of graduates; features of the educational institutions implementing the programs. Descriptive and correlation analysis, nonparametric statistical tests and clustering were used as data research methods. It was revealed that the titles of master's programs most often include terms "data", "analytics", "business" and "science", a significant share of programs are implemented at universities and award Master of Science degree, typically suppose offline teaching and last for two years. Statistically significant differences in tuition fees are observed across countries and across programs with different study durations. Cluster analysis revealed four groups of master's programs with similar characteristics, each with specific features: (1) rather expensive programs, offered at lower-ranking universities, that award MS degrees; (2) the most expensive programs, offered primarily at non-university institutions, that award MS degrees, with a significant share of programs specialized in certain subject area; (3) inexpensive programs, offered at higher-ranking universities, with a significant share of programs specialized in certain subject area or data science method; and (4) inexpensive programs, offered primarily at lower-ranking universities, with a significant share of programs specialized in certain subject area.

Keywords data science, data analytics, data science education, curriculum analysis, master's program, BRICS countries, educational cooperation

For citing Melikyan A.V. (2026) Data Science Education in BRICS English-Language Masters Programs. *Voprosy obrazovaniya / Educational Studies Moscow*. <https://doi.org/10.17323/vo-2026-24836>

Наука о данных — сформировавшаяся относительно недавно и активно развивающаяся область знаний, интерес к которой значительно вырос в последние годы [Cao, 2018]. Этому способствовал прогресс в области компьютерных технологий, стимулировавший взрывной рост объема данных [Song, Zhu, 2016]. Наука о данных изучает вопросы обработки и анализа разнотипных данных, извлечения из них значимых идей и закономерностей с использованием различных научных методов и алгоритмов [Paul et al., 2022]. С ее развитием во многих областях деятельности повысилась ценность данных как важнейшего источника информации, все чаще принятие решений основывается на результатах анализа актуальных данных [Leewis, Smit, Versendaal, 2024]. Специалисты, обладающие компетенциями в области работы с

большими данными и имеющие развитые аналитические навыки, высоко востребованы сегодня на рынке труда [Davenport, Patil, 2022; Dickson, Zlatev, 2023].

В зависимости от области применения данных и конкретных задач, стоящих перед той или иной организацией, требования работодателей к знаниям и навыкам исследователей данных могут существенно различаться [Vogt et al., 2023; Isigicok, Celik, Ozdemir, 2023]. Как правило, от специалистов в этой области требуются знания математики и статистики, программирования, машинного обучения, инженерии и визуализации данных, они должны уметь работать с большими объемами разнородных данных, в том числе имеющих сложную структуру [Fayyad, Hamutcu, 2020]. Исследователи данных строят модели для выявления закономерностей, взаимосвязей и трендов в данных и для последующего их прогнозирования, предлагают механизмы оптимизации бизнес-процессов [Paul et al., 2022]. Такие специалисты могут постоянно работать в компании или привлекаться для решения конкретных задач. При этом открытым остается вопрос, какова степень погружения исследователя данных в специфику предметной области, с которой он работает, необходимая для эффективного решения аналитических задач [Li et al., 2021; Park et al., 2021].

Образовательный рынок ответил на развитие науки о данных и востребованность компетенций в этой области на рынке труда активным ростом числа предлагаемых программ обучения и повышения квалификации специалистов по работе с данными [Mildemberger et al., 2023]. Программы реализуются на разных ступенях образовательного процесса в образовательных учреждениях и коммерческих компаниях [Сао, 2019], при этом широко варьируют названия программ, цели и форматы обучения, состав изучаемых дисциплин, перечень формируемых у учащихся компетенций [Никольский, Лукашенко, Шарова, 2022].

В странах БРИКС сегодня действует много образовательных программ по науке о данных, но комплексное описание того, что предлагает в данной области рынок образования, до сих пор не выполнено. Недостаточно эмпирических исследований, в которых раскрывалась бы специфика тех или иных образовательных программ, проводился их сравнительный анализ. Результаты таких исследований позволили бы составить представление о текущем состоянии этого образовательного сегмента, определить перспективы его развития. В свете интенсификации интеграционных процессов в сфере образования в странах БРИКС¹ такой анализ дал бы возможность оценить перспективы сотрудничества

¹ Казанская декларация XVI саммита БРИКС «Укрепление многосторонности для справедливого глобального развития и безопасности» (Казань, 2024 г., 23 октября): https://cdn.brics-russia2024.ru/upload/docs/Казанская_декларация.pdf?1729693488382423 (дата обращения 12.07.2025).

стран-партнеров в осуществлении совместных образовательных проектов по науке о данных.

Цель представленного в статье исследования состоит в том, чтобы проанализировать сегмент англоязычных магистерских программ по науке о данных, реализуемых в учебных заведениях стран БРИКС. Для ее достижения выполнены следующие задачи:

- 1) определены критерии отбора образовательных программ, относящихся к науке о данных, и сформирована репрезентативная выборка таких магистерских программ на английском языке, предлагаемых в учебных заведениях стран БРИКС;
- 2) собрана и систематизирована информация о программах, полученные данные предварительно обработаны для последующего анализа;
- 3) проведен описательный анализ программ на основе их характеристик;
- 4) исследованы взаимосвязи между характеристиками программ;
- 5) выявлены кластеры программ со схожими параметрами.

В первом разделе статьи представлен обзор результатов ранее проведенных исследований образовательных программ по науке о данных, во втором разделе раскрыта методология исследования, далее приведены его результаты и сформулированы основные выводы по итогам проведенного анализа данных.

1. Наука о данных

В информационной науке взаимосвязи между данными, информацией и знанием представлены в виде модели «пирамида знаний» (рис. 1). С ростом объема имеющихся данных все сложнее становится своевременно и качественно переработать их в информацию, на основе которой извлекается знание. В таких условиях эффективность как развития науки, так и функционирования экономики, основанной на знаниях, зависит от разработки и использования подходов, позволяющих быстро и продуктивно извлечь новые знания из постоянно обновляющихся данных [Zins, 2007].

Датский ученый Петер Наур в 1966 г. определил «даталогию» (*dataology*) как науку о природе данных и их использовании [Naur, 1966]. Впоследствии это понятие получило более широкую трактовку, интегрировав в себя моделирование и анализ данных, и стало называться «наука о данных» (*data science*). Наука о данных — мультидисциплинарная область знаний: она основана на интеграции знаний из математики, статистики, компьютерных наук и предметных областей применения методов работы с дан-

Рис. 1. Пирамида знаний



ными (рис. 2) [Tobar et al., 2021; Egger, Yu, 2022]. Она призвана предоставлять средства для анализа явлений и процессов в разных областях деятельности [Mike, Kimelfeld, Hazzan, 2023].

Рис. 2. Элементы науки о данных на диаграмме Венна



Значительный рост интереса к науке о данных в начале 2000-х годов был вызван появлением концепции больших данных (*big data*), в рамках которой были предложены новые технологии работы с большими объемами разнотипных данных, позволившие решать принципиально новый класс проблем. Большие данные отличаются от других совокупностей данных по пяти основным характеристикам (рис. 3): скорость, с которой они создаются и передаются; объем (количество); представляемая ими ценность; разнообразие типов данных; достоверность (качество и точность) [Quasim et al., 2019].

Рис. 3. Характеристики больших данных



Наука о данных активно развивается, совершенствуются существующие методы работы с данными и формируются принципиально новые подходы. К важнейшим трендам последних лет можно отнести использование систем искусственного интеллекта для сбора и анализа данных, развитие расширенной аналитики, технологий визуализации данных в реальном времени, аналитики интернета вещей [Borjigin, Zhang, 2022; Ismail et al., 2024; Kumar, Bassill, 2024]. По мере того как возрастают объемы использования данных для принятия решений, повышается значимость и актуальность выработки этических принципов работы с данными, в частности обеспечения безопасности хранения данных, защиты личных данных, ответственности за использование систем искусственного интеллекта при работе с данными [Saltz, Dewar, 2019; Shapiro et al., 2020; Hosseini, Wieczorek, Gordijn, 2022; Hazzan, Mike, 2023].

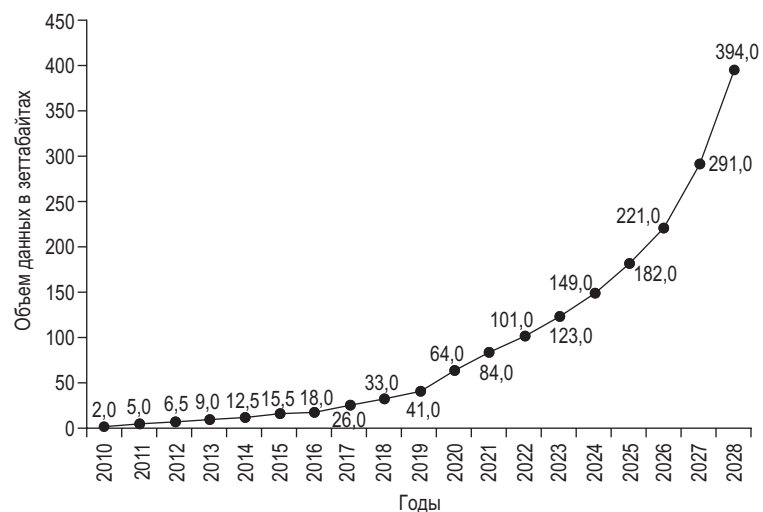
Данные, технологии и люди — три столпа науки о данных, которые в настоящее время находятся не на равных позициях по уровню развития [Song, Zhu, 2016]. Благодаря современным компьютерным технологиям в распоряжении людей имеются огромные массивы разнотипных данных. Каждую секунду генерируются данные из разных источников: трафик поисковых систем, обмен информацией в социальных сетях, транзакции по покупкам, цифровые фотографии и видео, использование мобильных телефонов, определение местоположения с помощью сигналов GPS, медицинские записи, налоговые декларации, сбор климатической информации с помощью датчиков погоды и многие другие [Church, Dutta, 2013]. Общий объем созданных, собранных, скопированных и потребленных данных растет высокими темпами: в 2020 г. он составил 63 зеттабайта², а в 2023 г. вырос почти в

² Зеттабайт — единица измерения количества информации, равен триллиону гигабайтов.

2 раза. По прогнозам в 2028 г. объем данных достигнет 394 зеттабайтов (рис. 4). При этом лишь 2% данных, полученных в 2020 г., были сохранены и использованы в 2021 г.³

Одна из основных причин столь низкой доли обрабатываемых данных — дефицит компетентных специалистов в этой области. Технологии работы с данными развиваются и совершенствуются, повысилась их доступность, появились различные инструменты исследования данных с открытым исходным кодом [Barlas, Lanning, Heavey, 2015]. Подготовить специалистов, способных на основе передовых компьютерных технологий эффективно решать многочисленные задачи по исследованию данных, призваны образовательные программы по науке о данных.

Рис. 4. Изменение мирового объема данных по годам



Источник: Платформа Statista: <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/> (дата обращения 13.07.2025).

В последние годы набирает популярность представление, что компетенциями по работе с данными должны обладать не только специалисты в этой области, но и занятые в других сферах деятельности, если их работа предусматривает принятие решений на основе изучения данных. Получила развитие корпоративная стратегия «гражданская наука о данных» (*citizen data science*), предполагающая, что в процессы анализа данных вовлекаются сотрудники компании, не имеющие специального образования или навыков работы с данными. Общая идея подхода сводится к тому,

³ Taylor P. (2025) Amount of Data Created, Consumed, and Stored 2010–2023, with Forecasts to 2028: <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/> (дата обращения 13.07.2025).

что совместные усилия профессионалов и не профессионалов в области науки о данных позволяют достичь оптимальных результатов работы с данными [Mullarkey et al., 2019; Alpar, Schulz, 2022].

Образовательные дисциплины, дающие практические навыки и развивающие культуру работы с данными (*data culture*), уже включены во многие программы высшего образования, не относящиеся к науке о данных [Guitert, Romeu, Romero, 2023]. Такие дисциплины для студентов гуманитарных направлений обучения, как правило, предполагают получение общих представлений о подходах к работе с данными и развитие базовых практических навыков анализа данных с использованием программных продуктов, зачастую не требующих знания языков программирования для их применения [Coners et al., 2024].

2. Инициативы БРИКС в области высшего образования

БРИКС — это межгосударственное объединение стран, взаимодействующих по широкому кругу вопросов. Сотрудничество основано на принципах равенства и взаимной выгоды. Название объединения образовано из первых букв названий стран, ставших партнерами при его создании в 2006 г., — Бразилии, России, Индии и Китая. В 2011 г. к БРИКС присоединилась Южно-Африканская Республика, а в 2024 г. — Египет, Иран, Объединенные Арабские Эмираты, Саудовская Аравия и Эфиопия. Сегодня в БРИКС входят 10 стран.

Образование является одним из важнейших направлений партнерства стран — членов БРИКС⁴. К ключевым инициативам в этой области можно отнести:

- Лигу университетов, созданную в 2013 г. [Цзэн, 2019];
- Сетевой университет БРИКС, организованный в 2015 г.⁵;
- Международную ассоциацию университетов BRICS+, образованную в 2023 г.⁶;
- Рейтинг университетов стран БРИКС, впервые опубликованный в 2024 г.⁷

Один из важнейших проектов образовательного сотрудничества — Сетевой университет БРИКС — объединяет 56 вузов из пяти стран⁸, и в дальнейшем планируется включить в него вузы из

⁴ Председательство Российской Федерации в объединении БРИКС в 2024 г.: <https://brics-russia2024.ru/> (дата обращения 20.12.2024).

⁵ BRICS Network University: <https://nu-brics.ru/> (дата обращения 13.07.2025).

⁶ BRICS+ Universities Association: <https://brics.world/> (дата обращения 13.07.2025).

⁷ Пилотный рейтинг университетов стран БРИКС, 2024 г.: https://mosiur.org/ranking_brics_2024/ (дата обращения 13.07.2025).

⁸ В Сетевом университете БРИКС партнерами являются вузы из Бразилии, России, Индии, Китая, Южно-Африканской Республики.

пяти стран, вступивших к БРИКС в 2024 г. В рамках Сетевого университета предусмотрена реализация двусторонних и многосторонних краткосрочных совместных образовательных программ, магистерских и аспирантских программ обучения, совместных научно-исследовательских проектов [Kovalev, Shcherbakova, 2019; Черников, 2021].

В октябре 2024 г. на ежегодной конференции Сетевого университета БРИКС были представлены результаты, полученные в рамках международной тематической группы «Компьютерные науки и информационная безопасность», которая относится к одной из шести приоритетных областей сотрудничества, и обсуждались планы дальнейшего взаимодействия. В ноябре 2024 г. состоялась онлайн-конференция по образованию в сфере кибербезопасности. В 2025 г. планируется летняя школа по кибербезопасности и представление концепции новой совместной магистерской программы по этой специальности⁹.

В 2024 г. опубликована 11-я Декларация министров образования стран БРИКС¹⁰, в которой зафиксированы основные направления партнерства в области образования на ближайшие годы: развитие Сетевого университета, облегчение взаимного признания квалификаций, совершенствование глобальной системы оценки и рейтингования университетов, сотрудничество в области дистанционного обучения, поддержка талантливой молодежи, проекты по формированию экологической грамотности, организация форума ректоров университетов, поддержка гуманитарных наук, развертывание партнерства в области технического и профессионального образования и обучения.

Пример успешной реализации университетами стран БРИКС совместных образовательных программ показывает Байкальский институт БРИКС¹¹, созданный в 2017 г. на базе Иркутского национального исследовательского технического университета. Он реализует образовательные программы двойных дипломов, обучение на которых проходит на английском или китайском языке. Ежегодно институт выпускает более ста бакалавров и магистров, являющихся гражданами разных стран¹². Еще одна недавняя инициатива в этой области — создание в 2024 г. факультета стран

⁹ Annual Conference of the BRICS Network University hosted by RUDN University: <https://nu-brics.ru/news/52/> (дата обращения 13.07.2025).

¹⁰ KAZAN Declaration of the 11th Meeting of the BRICS Ministers of Education: https://cdn.bricks-russia2024.ru/upload/docs/2024-06-13-Final_Kazan_Declaration_of_the_11th_Meeting_of_BRICS_Ministers_11.pdf?1718349998309901 (дата обращения 13.07.2025).

¹¹ Байкальский институт БРИКС Иркутского национального исследовательского технического университета: brics.istu.edu (дата обращения 13.07.2025).

¹² Байкальский институт БРИКС окончили студенты из Китая и стран Африки: <https://www.istu.edu/novosti/pub/73143> (дата обращения 13.07.2025).

БРИКС в Университете «Синергия»¹³, в котором будут реализованы программы двойных дипломов, созданные совместно университетами стран БРИКС. Обучение начнется с сентября 2025 г.

Исследователи, анализирующие результаты образовательного сотрудничества стран БРИКС, считают, что оно способствует развитию образования в странах-партнерах и на Глобальном Юге в целом. Однако предстоит еще многое сделать для гармонизации образовательных стандартов [Li, 2018; Zvereva, Belenkova, Kruse, 2020]. Признавая достигнутые результаты и отдавая должное амбициозным задачам по расширению взаимодействия, исследователи и аналитики в то же время отмечают недостатки в организации образовательного сотрудничества между странами БРИКС. В частности, большинство совместных проектов предполагает двустороннее взаимодействие стран, а многостороннее сетевое партнерство реализуется редко. Проекты двойных дипломов между вузами стран-партнеров единичны. Вопросы взаимного признания образовательных степеней между странами недостаточно проработаны [Sun, Yang, 2021]. В основном реализуются довольно однообразные модели сотрудничества, а участие в них университетов из разных стран нередко не сбалансировано [Цзэн, 2019]. В сфере международных студенческих обменов наиболее активен Китай, а принимающей стороной чаще всего выступает Россия [Khomyakov, 2021].

Развитие совместных образовательных проектов по науке о данных между партнерами Сетевого университета могло бы стать перспективным направлением сотрудничества. Наука о данных как образовательное направление востребована у абитуриентов разных стран. Объединяя имеющиеся ресурсы и усилия, университеты стран БРИКС могли бы укрепить свои позиции в сегменте образовательных программ по науке о данных.

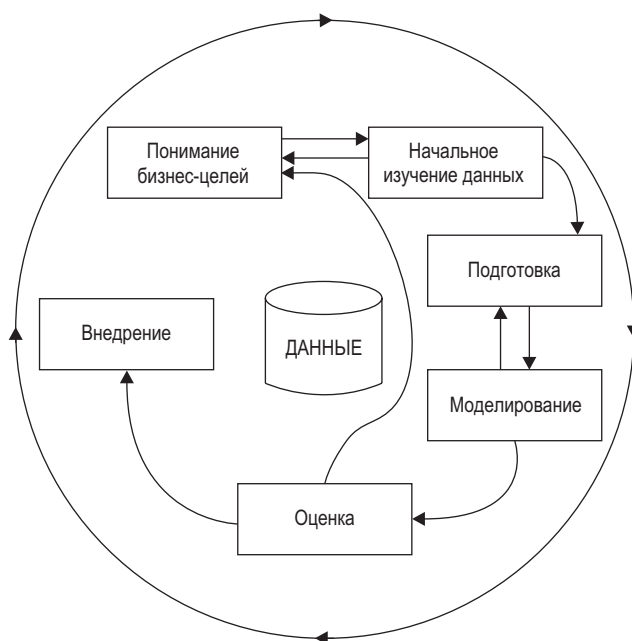
3. Обзор исследований образовательных программ по науке о данных

В последние годы в разных странах проведены несколько значимых исследований, посвященных образованию в области науки о данных. Отдельный блок составили работы по изучению характеристик образовательных программ и их учебного плана. Программы анализируются с точки зрения их названий, учебных целей, специализации реализующих их подразделений, структуры и содержания преподаваемых дисциплин, применяемых при обучении подходов и методов [Song, Zhu, 2016; Zakaria, 2022; Cao, 2018; Li, Milonas, Zhang, 2021]. В ряде исследований отмечается, что при проектировании образовательной программы по науке о данных необходимо учитывать жизненный цикл проекта по анализу дан-

¹³ Университет «Синергия» открывает факультет стран БРИКС: https://synergy.ru/about/blog/universitet_sinergiya_otkroet_fakultet_stran_briks (дата обращения 13.07.2025).

ных [Song, Zhu, 2016; Msweli, Mawela, Twinomurinzi, 2023; Zhang, Yamamoto, Nakajima, 2023]. Широкую известность получила модель межотраслевого стандартного процесса интеллектуального анализа данных CRISP-DM (*cross industry standard process for data mining*), согласно которой жизненный цикл исследования данных состоит из шести этапов: понимание бизнес-целей, начальное изучение данных, подготовка данных, моделирование, оценка решения, внедрение результатов (рис. 5) [Martinez-Plumed et al., 2019; Chapman et al., 2000]. В образовательных программах, спроектированных на базе этой модели, предполагается, что учебные дисциплины должны дать знания и развить у учащихся навыки для успешной реализации каждого этапа проекта.

Рис 5. Жизненный цикл исследования данных



Источник: [Келлехер, Тирни, 2020].

Наиболее масштабные исследования магистерских программ по науке о данных проведены в США. Так, в 2014 г. проанализированы 42 образовательные программы бакалавриата и магистратуры по науке о данных в университетах США. Значительное число таких программ реализуется несколькими подразделениями университета, что соответствует междисциплинарному характеру науки о данных. В учебный план программ магистратуры чаще всего включаются дисциплины «Разведывательный анализ данных», «Базы данных», «Визуализация данных», «Статистическое моде-

лирование», «Машинное обучение» и «Интеллектуальный анализ данных» [Song, Zhu, 2016].

В 2021 г. проведено исследование 228 магистерских программ по науке о данных, реализуемых в 177 университетах США. Для анализа отбирались программы, в названиях которых присутствовали словосочетания «наука о данных» (*data science*), «аналитика данных» (*data analytics*) или «аналитика» (*analytics*). Выявлены кластеры магистерских программ по их специализации: большие данные, био-медицина, медицинская информатика, бизнес-аналитика, компьютерные науки, аналитика данных, наука о данных, информационные науки и технологии, математика и статистика, государственная политика. Успешно завершившие обучение по таким образовательным программам наиболее часто получают степень в области естественных и точных наук — *Master of science* (213 образовательных программ), 8 программ предусматривают получение диплома магистра бизнес-администрирования — *Master of business administration*, 7 программ — магистра в области гуманитарных наук (*Master of arts*). В очном формате реализуются 76% программ, в онлайн-формате — 15%, остальные 9% используют смешанный формат. Выделены кластеры знаний и компетенций, которые получают выпускники магистерских программ: основы компьютеринга, управление данными, визуализация данных, машинное обучение, интеллектуальный анализ данных, исследование данных в предметной области, математика и статистика [Li, Milonas, Zhang, 2021].

В 2022 г. выполнено исследование образовательных программ по науке о данных в университетах 13 стран Ближнего Востока. В выборку вошли 48 образовательных программ, из них 39 магистерских. Наибольшее число образовательных программ по науке о данных предлагают университеты в Саудовской Аравии (7 магистерских и 1 бакалаврскую), в Турции и на Кипре реализуется по 6 магистерских программ, в Иордании — 3 магистерские и 3 бакалаврские программы. В остальных странах реализованы менее 5 образовательных программ. В названиях программ по науке о данных чаще всего фигурируют слова «данные» и «аналитика». В основном программы организованы в департаментах, специализирующихся на компьютерных науках, информационных технологиях или бизнесе. Содержание программ по науке о данных в обследованных университетах во многом пересекается с программами по специальностям «статистика» и «компьютерные науки». В рассмотренных программах среди основных образовательных дисциплин чаще всего встречаются следующие: «Машинное обучение», «Исследовательский проект по науке о данных», «Большие данные», «Аналитика больших данных», «Исследование и визуализация данных» [Zakaria, 2022].

Л. Цао в книге «Мышление в области науки о данных» рассмотрел характеристики 632 образовательных программ по нау-

ке о данных, реализуемых в 30 странах мира. Около трети образовательных программ проводятся в онлайн-формате. При этом 72% программ обучают магистров, 7% — бакалавров и 4% — докторов наук. Автор отмечает, что значительное число учебных курсов в области науки о данных представляет собой некий гибрид из ранее существовавших курсов по статистике и информационным технологиям, в то время как для подготовки нового поколения исследователей данных необходимо развивать у студентов мышление, основанное на данных (*data thinking*). Во многих случаях образовательные программы реализуются одним подразделением, что снижает возможность применения междисциплинарного подхода к обучению, столь важного в науке о данных. Еще одним ограничением существующих образовательных программ, по мнению автора, является недостаточно развитая практическая компонента в обучении. В описании большинства программ заявлено, что обучение предполагает работу с актуальными данными и решение практических задач, но далеко не всегда задачи относятся к реальным индустриальным проектам. Реализация образовательных программ в партнерстве с бизнес-компаниями позволила бы повысить качество практической составляющей обучения [Сао, 2018].

Исследователи из США и Мексики предложили подход к построению учебной программы магистратуры по науке о данных, основанный на развитии у студентов практического опыта решения актуальных исследовательских и прикладных задач на основе работы с большими массивами разнотипных реальных данных. В академической литературе такой подход называется «обучение действием» (*learning by doing*) и предполагает, что студенты обучаются в процессе непосредственного выполнения заданий [Skultowski, 2024]. Предложенный авторами подход успешно применен при реализации трех образовательных программ по науке о данных [Rodolfa et al., 2019].

Важной составляющей обучения современных специалистов работе с большими данными исследователи считают развитие у них «мягких» навыков. Анализ рынка труда подтверждает востребованность у специалистов по работе с данными таких «мягких» навыков, как управленческие и коммуникативные компетенции, умение работать в команде [Bonesso, Bruni, Gerli, 2020; Arteeva, Skhvediani, Sosnovskikh, 2024], аналитический склад ума, умение работать с большим объемом информации, внимательность, системное и ассоциативное мышление, креативность [Terbusheva, 2021].

Поскольку большинство проектов в области работы с данными реализуются в командах, отдельное внимание в научной литературе уделено преподаванию науки о данных с использованием командного подхода в обучении (*team-based learning*), основанного на четырех принципах:

- команды должны быть правильно сформированы и управляемы;
- студенты должны нести ответственность за качество своей индивидуальной и командной работы;
- студенты должны получать частую и быструю обратную связь;
- командные задания должны способствовать не только обучению, но и развитию команды [Michaelsen, Sweet, 2008].

Анализ преподавания дисциплины «Введение в науку о данных» в Колорадском университете в Боулдере в 2018–2019 гг. показал, что применение командного подхода в обучении положительно повлияло на образовательные результаты, а также способствовало развитию у студентов коммуникативных навыков и навыков работы в команде [Vance, 2021].

С расширением сферы применения больших данных для принятия решений в разных областях жизни насущной необходимостью становятся разработка этических принципов работы с данными (*data ethics*) и обучение этим нормам студентов. Пока еще далеко не все образовательные программы для специалистов по работе с данными уделяют должное внимание этому вопросу [Davis, 2020]. В ряде исследований предлагаются подходы к внедрению курсов, посвященных этическим принципам работы с данными в учебные планы [Atenas, Havemann, Timmermann, 2023; Binah-Pollak et al., 2024].

Обобщая результаты исследований, посвященных магистерским программам по науке о данных, можно заключить, что для обучения исследователей данных применяются разнообразные подходы и не существует единой универсальной модели проектирования образовательной программы. Тем не менее на основании этих исследований можно выделить некоторые свойства программ, которые с высокой вероятностью будут способствовать успешности их реализации:

- междисциплинарный подход к проектированию и реализации программы;
- наличие в учебном плане основополагающих дисциплин, дающих необходимые базовые знания и компетенции для работы с данными;
- предоставление учащимся возможности формировать индивидуальную образовательную траекторию, выбирая дисциплины из вариативной части учебного плана;
- развитие у студентов навыков, необходимых для реализации всех этапов проекта по исследованию данных;
- вовлечение студентов в работу с реальными задачами на основе актуальных данных;

- предоставление студентам возможности реализовать обучение в разных форматах;
- развитие у учащихся мышления, основанного на данных, и «мягких» навыков;
- использование командного подхода в обучении;
- внимание к этическим принципам работы с данными.

4. Методология исследования

В ходе исследования собрана информация об англоязычных магистерских программах по науке о данных, которые предлагали вузы стран — членов БРИКС в 2024/2025 учебном году. Для формирования предварительного списка магистерских программ использованы данные из следующих открытых электронных источников:

- *Studyportals Masters* (<https://www.mastersportal.com>);
- *Keystone Masterstudies* (<https://www.masterstudies.com>);
- *QS Top Universities* (<https://www.topuniversities.com/programs>);
- *Find Masters* (<https://www.findamasters.com/masters-degrees/>);
- *Educations.com* (<https://www.educations.com>);
- Поисковая система *Google*: рассматривались результаты поисковых запросов, в которых изменялось только название страны *Data Science Masters Program in Russia / China / Brazil / India / South Africa / Egypt / Ethiopia / Iran / United Arab Emirates / Saudi Arabia*.

Магистерские программы включались в выборку на основании выполнения пяти обязательных критериев:

- программа действует в учебном заведении страны — члена БРИКС;
- программа реализуется на английском языке;
- в названии программы фигурируют слова «данные» или «аналитика» или производные от них;
- информация о программе на английском языке размещена на официальном веб-сайте учебного заведения, предлагающего программу;
- в описании программы упоминается, что выпускники смогут работать в области анализа или исследования данных.

О каждой из вошедших в выборку программ собраны следующие сведения:

- название программы;
- специализация программы (на предметной области или на углубленном изучении методов работы с данными);
- название учебного заведения, предлагающего программу;

- позиция учебного заведения, реализующего программу, в рейтинге университетов БРИКС;
- форма обучения (очная, заочная, очно-заочная);
- формат реализации программы (в аудитории, онлайн, смешанный);
- продолжительность обучения;
- стоимость годового обучения в 2024/2025 учебном году (в тысячах российских рублей по состоянию курсов валют на конец ноября 2024 г.);
- тип присуждаемой магистерской степени.

Собрана также дополнительная информация, доступная не по всем рассмотренным программам:

- предполагаемые должности выпускников;
- образовательные треки;
- список преподаваемых дисциплин (обязательных и по выбору).

В выборку исследования вошли 75 магистерских программ, которые проводятся в университетах шести стран БРИКС. Распределение их числа по странам приведено в табл. 1.

Таблица 1. **Выборка исследования: число магистерских программ по странам БРИКС**

Страна	Число магистерских программ
Индия	26
Россия	15
Объединенные Арабские Эмираты	15
Китай	10
Южно-Африканская Республика	7
Саудовская Аравия	2
Бразилия	0
Иран	0
Египет	0
Эфиопия	0
Всего	75

Сформирована база данных, содержащая структурированную информацию по каждой магистерской программе. Проведен описательный анализ данных, оценены взаимосвязи между характеристиками программ на основе корреляционного анализа данных и статистических критериев Манна — Уитни и Краскела — Уоллиса. Выявлены группы программ со схожими параметрами на основе алгоритма кластеризации *k-prototype* и дано их описание.

5. Результаты исследования. Характеристики магистерских программ по науке о данных
5.1. Названия и специализации программ

Половина магистерских программ либо называются «Наука о данных» (25 программ), либо содержат в названии это словосочетание (17 программ). На рис. 6 приведено облако слов, визуализирующее частоту использования разных терминов в названиях программ. Наиболее часто встречаются слова «данные», «аналитика», «бизнес» и «наука».

Рис. 6. Облако слов по названиям магистерских программ



В названии может быть указана предметная область как профиль данной образовательной программы. В выборке оказалось 25 таких программ, они специализируются в области биомедицины и биоинформатики, здравоохранения, геологии, менеджмента и бизнеса, финансов, экономики, политологии, социологии и психометрии. Нередко такие образовательные программы реализуются несколькими подразделениями университета, например проведение программы подготовки специалистов по анализу данных в экономике могут организовывать факультеты экономики и информационных технологий. Такой подход позволяет обеспечить погружение студентов в предметную область в сочетании с обучением их современным технологиям работы с данными.

Возможна также специализация как углубленное изучение определенных методов работы с данными. В выборке обнаружены 18 программ, делающих акцент на изучении методов работы с большими данными, искусственном интеллекте, машинном обучении, сетевом анализе, пространственной аналитике. Одновременно и на предметной области, и на углубленном изучении определенного метода работы с данными специализируются 4 программы выборки.

5.2. Учебные заведения, реализующие магистерские программы

Анализируемые 75 магистерских программ реализуются в 50 учебных заведениях, 40 из них — университеты, и 13 университетов входят в первую сотню рейтинга университетов БРИКС. Магистерские программы по науке о данных предлагают также академии, институты, колледжи и бизнес-школы. Три и более программы действуют в семи учебных заведениях: в четырех учебных заведениях Индии и по одному в России, ОАЭ и ЮАР (см. Приложение). В учебных заведениях, в которых реализуются несколько образовательных программ, как правило, функционируют специализированные подразделения по науке о данных и осуществляются исследовательские проекты в этой области.

5.3. Тип присуждаемой степени магистра

Более половины программ предполагают присуждение степени магистра наук, относящейся к области естественных и точных наук (41 программа), что характерно и для магистерских программ по науке о данных в США [Li, Milonas, Zhang, 2021]. Степень магистра технологий присваивается по итогам обучения на восьми программах. Степень магистра делового администрирования, относящаяся к области управления, экономики и финансов, становится результатом освоения шести программ. Степень магистра искусств, относящаяся к области гуманитарных наук, выдается по завершении обучения на четырех программах. Имеют место и единичные случаи присвоения иных степеней — магистр философии, магистр коммерции и др. (табл. 2). Такое разнообразие выдаваемых степеней еще раз подтверждает междисциплинарный характер образования в области науки о данных и возможность применения профессиональных технологий работы с данными во многих сферах деятельности.

Таблица 2. Присуждаемые магистерские степени

Тип степени	Число магистерских программ
Магистр наук (Master of Science)	41
Магистр технологий (Master of Technology)	8
Магистр делового администрирования (Master of Business Administration)	6
Магистр искусств (Master of Arts)	4
Магистр инженерного дела (Master of Engineering)	1
Магистр информационных технологий (Master of Information Technology)	1
Магистр философии (Master of Philosophy)	1
Магистр коммерции (Master of Commerce)	1
Магистр бизнес-аналитики (Master in Business Analytics)	1
Не указан тип степени	11
Всего	75

5.4. Форма обучения Программы реализуются в двух формах: очной или заочной (табл. 3). Во всех странах превалирует очная форма обучения. В ОАЭ есть образовательные программы, предусматривающие возможность выбора формы обучения. При выборе заочной формы длительность освоения программы увеличивается в полтора или два раза по сравнению с очной.

Таблица 3. **Формы реализации программ**

Страна	Очная	Заочная	Реализуется в очной или заочной форме на выбор
Индия	25	1	
Россия	14	1	
Объединенные Арабские Эмираты	7	1	7
Китай	10		
Южно-Африканская Республика	7		
Саудовская Аравия	2		
Всего	65	3	7

5.5. Формат реализации программы Программы реализуются в трех форматах (табл. 4): в аудитории (*on campus*), онлайн (*online*) и в смешанном формате (*blended*). Традиционно самым распространенным форматом является учеба в аудитории, однако в ряде стран есть возможности обучаться онлайн или в смешанном формате, предполагающем сочетание обучения в аудитории с дистанционным.

Таблица 4. **Форматы реализации программ**

Страна	В аудитории	Онлайн	Смешанный
Индия	25	1	
Россия	11	3	1
Объединенные Арабские Эмираты	12	2	1
Китай	10		
Южно-Африканская Республика	7		
Саудовская Аравия	2		
Всего	67	6	2

Таблица 5. **Соотношение между формой и форматом обучения**

	Очная форма обучения	Заочная форма обучения	Возможна как очная, так и заочная форма обучения на выбор
Обучение проводится в аудитории	61		6
Онлайн-формат обучения	3	3	
Смешанный формат обучения	1		1

Рассмотрим, как соотносятся форма и формат обучения (табл. 5). При очном обучении занятия в основном проходят в

аудитории, при этом три очные программы реализуются в онлайн-формате, и еще одна — в смешанном. Заочная форма обучения предполагает онлайн-формат.

5.6. Продолжительность обучения

В табл. 6 приведена информация о продолжительности обучения на рассмотренных магистерских программах¹⁴. Два года длится обучение на 71% всех программ (53 программы), один год занимает освоение 15 программ. Остальные варианты длительности обучения встречаются редко. Программы длительностью более двух лет существуют только в Китае. Заочные образовательные программы, как правило, продолжительнее очных.

Таблица 6. Сроки обучения по программам

Страна	Продолжительность реализации программы (месяцы)				
	12	18	24	30	36
Индия	1		25		
Россия			15		
Объединенные Арабские Эмираты	9	1	5		
Китай	1	1	3	1	4
Южно-Африканская Республика	4		3		
Саудовская Аравия			2		
Всего	15	2	53	1	4

5.7. Дисциплины учебного плана

Большинство рассмотренных магистерских программ предусматривает наличие вариативной части учебного плана, т.е. студенты могут выбирать для освоения интересующие их дисциплины или блоки дисциплин. Чаще всего программы предусматривают возможность в качестве курса по выбору взять углубленное изучение тех или иных методов исследования данных или специфики работы с данными в определенной прикладной области. К блоку дисциплин по выбору нередко относятся курсы, развивающие «мягкие» навыки. Ряд программ предлагает студентам возможность выбирать образовательную траекторию — сразу после начала обучения или по завершении первого семестра или года обучения. От выбранной траектории будет зависеть состав осваиваемых дисциплин.

По 60 программам из 75 программ выборки доступна полная информация об основных дисциплинах. По 40 программам имеются в наличии данные о дисциплинах по выбору¹⁵. По 60 образо-

¹⁴ В случае возможности реализации магистерской программы как в очной, так и в заочной форме в таблице указывается длительность обучения по очной форме.

¹⁵ По ряду программ упоминается наличие дисциплин по выбору в программе, но информация по ним отсутствует.

вательным программам суммарно преподается 761 обязательная дисциплина. В среднем на одну программу приходится 12,7 дисциплины. В табл. 7 приведены данные о тематических группах обязательных дисциплин, которые встречаются более чем в десяти образовательных программах.

Таблица 7. Наиболее часто встречающиеся тематические группы обязательных дисциплин

Тематическая группа дисциплин	Число образовательных программ, содержащих хотя бы одну дисциплину из тематической группы	Удельный вес образовательных программ, реализующих дисциплину из тематической группы (%)*
Статистика	46	76,7
Машинное обучение	39	65,0
Анализ данных	37	61,7
Методология исследования	25	41,7
Визуализация данных	24	40,0
Наука о данных	21	35,0
Язык программирования <i>Python</i>	20	33,3
Программирование	18	30,0
Искусственный интеллект	17	28,3
Глубокое обучение	16	26,7
Базы данных	15	25,0
Математический анализ	15	25,0
Аналитика больших данных	15	25,0
Интеллектуальный анализ данных	14	23,3
Алгоритмы и структуры данных	13	21,7
Сетевой анализ	12	20,0
Управление данными	12	20,0
Бизнес-аналитика	12	20,0
Этические вопросы работы с данными	11	18,3

* Рассчитан на основе 60 магистерских программ, разместивших информацию о дисциплинах учебного плана на официальном веб-сайте программы в интернете.

Более половины рассмотренных магистерских программ содержат дисциплины, относящиеся к изучению статистики, машинного обучения и анализа данных. Довольно часто встречаются дисциплины, дающие знания и навыки для проведения исследований, визуализации данных, программирования на языке *Python*, работы с искусственным интеллектом, глубоким обучением и базами данных. Дисциплины, посвященные этическим вопросам работы с данными, включены в 18% магистерских программ.

Выявленные закономерности во многом пересекаются с результатами исследований содержания магистерских программ в США и странах Ближнего Востока [Song, Zhu, 2016; Li, Milonas, Zhang, 2021; Zakaria, 2022].

В рамках 40 магистерских программ суммарно реализуются 373 дисциплины по выбору. В среднем на одну программу приходится 9,3 такой дисциплины. В табл. 8 приведены данные о тематических группах дисциплин по выбору, которые встречаются более чем в пяти образовательных программах.

Таблица 8. Наиболее часто встречающиеся тематические группы дисциплин по выбору

Тематическая группа дисциплин	Число образовательных программ, содержащих хотя бы одну дисциплину из тематической группы	Удельный вес образовательных программ, реализующих дисциплину из тематической группы (%)*
Анализ данных	26	65,0
Машинное обучение	14	35,0
Статистика	12	30,0
Обработка естественного языка	11	27,5
Визуализация данных	10	25,0
Наука о данных	10	25,0
Глубокое обучение	9	22,5
Анализ временных рядов	8	20,0
Искусственный интеллект	7	17,5
Аналитика больших данных	8	20,0
Сетевой анализ	8	20,0
Программирование	6	15,0
Маркетинговая аналитика	6	15,0
Математический анализ	6	15,0
Базы данных	6	15,0

* Рассчитан на основе 40 магистерских программ, разместивших информацию о дисциплинах по выбору в учебном плане на официальном веб-сайте программы в интернете.

Более половины магистерских программ реализуют в вариативной части учебного плана хотя бы одну дисциплину по анализу данных. В блок дисциплин по выбору отнесены курсы, развивающие углубленные навыки в области определенных методов исследования данных, таких как обработка естественного языка, глубокое обучение, сетевой анализ и анализ временных рядов.

5.8. Предполагаемые профессии выпускников

В описании 23 из 75 программ выборки указаны предполагаемые профессии выпускников. Они могут работать над прикладными аналитическими задачами, изучать или разрабатывать новые

методы работы с данными, осуществлять поддержку или развивать технологические инструменты обработки данных. По каждой программе указаны от 2 до 16 профессий, в среднем 6,2. В табл. 9 приведены данные о профессиях, упомянутых в описании более чем трех магистерских программ. Наиболее часто упоминаются профессии «исследователь данных» и «аналитик данных» (70% магистерских программ). Более чем в половине программ предполагается, что выпускники смогут работать по профессии «инженер данных». Часто упоминаются профессии аналитиков в сфере бизнеса.

Таблица 9. Профессии выпускников, наиболее часто встречающиеся в описании магистерских программ

Профессия	Число программ, готовящих специалистов по этой профессии	Удельный вес программ, готовящих специалистов по этой профессии (%)*
Исследователь данных (<i>data scientist</i>)	16	70,0
Аналитик данных (<i>data analyst</i>)	16	70,0
Инженер данных (<i>data engineer</i>)	13	56,5
Бизнес-аналитик (<i>business analyst</i>)	10	43,5
Инженер машинного обучения (<i>machine learning engineer</i>)	6	26,1
Архитектор данных (<i>data architect</i>)	6	26,1
Маркетинговый аналитик (<i>marketing analyst</i>)	5	21,7
BI-аналитик (<i>business intelligence analyst</i>)	5	21,7
Консультант (<i>consultant</i>)	5	21,7
Менеджер проектов (<i>project manager</i>)	4	17,4

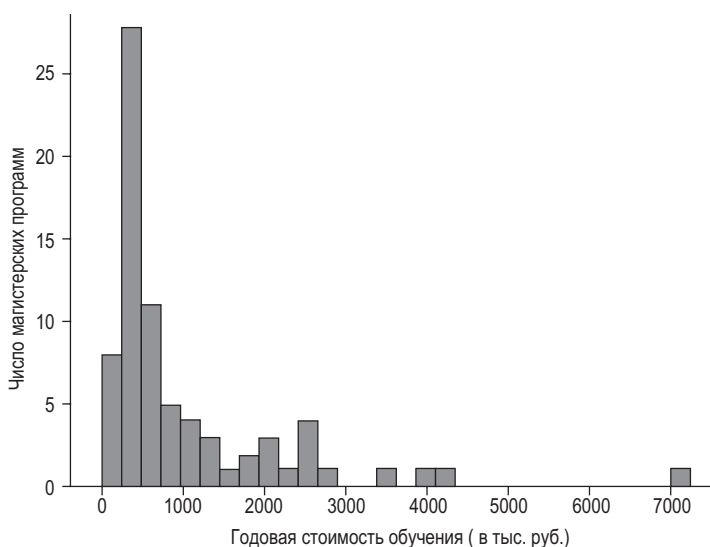
* Рассчитано на основе 23 магистерских программ, разместивших информацию о предполагаемых профессиях выпускников на официальном веб-сайте программы в интернете.

5.9. Стоимость обучения

На рис. 7 приведена гистограмма распределения годовой стоимости обучения на рассматриваемых магистерских программах по состоянию на конец ноября 2024 г. У половины программ стоимость обучения находится в пределах от 200 до 600 тыс. рублей в год. Самая дорогостоящая программа реализуется в Китае, ее стоимость достигает 7 млн рублей в год. В Объединенных Арабских Эмиратах действуют три программы, годовая стоимость обучения по которым составляет около 4 млн рублей, а стоимость обучения на остальных программах менее 3 млн рублей. Самые недорогие программы стоимостью менее 300 тыс. рублей в год реализуются в Индии, ЮАР и России.

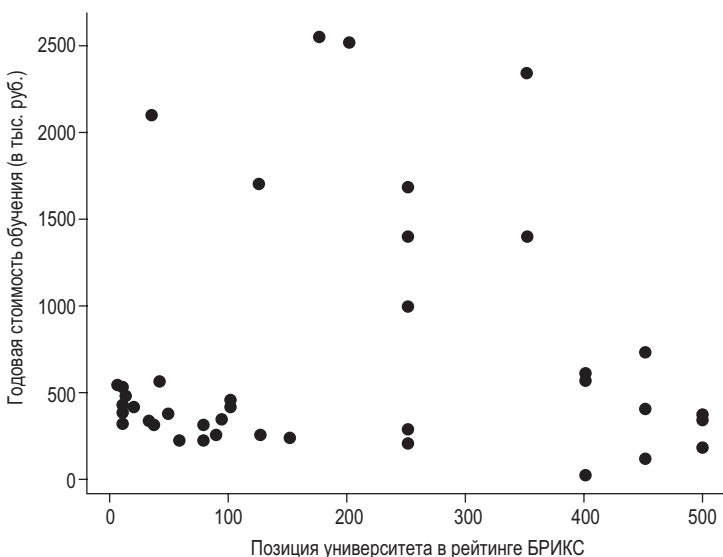
Сопоставим стоимость обучения на программе с положением вуза, предлагающего эту образовательную программу, в рейтинге университетов БРИКС (рис. 8). Взаимосвязи между этими по-

Рис. 7. Годовая стоимость обучения (тыс. руб.)



казателями не обнаруживается. Коэффициент корреляции между переменными «стоимость обучения на магистерской программе» и «позиция вуза в рейтинге» статистически незначим. При этом большинство университетов, входящих в первую сотню рейтинга, реализуют программы, стоимость обучения по которым не превышает 600 тыс. рублей в год.

Рис. 8. Взаимосвязь между годовой стоимостью обучения и позицией вуза в рейтинге университетов БРИКС*



* Для построения графика использованы данные по магистерским программам, которые реализуются в вузах, входящих в рейтинг университетов БРИКС.

Проанализируем соотношение стоимости обучения на магистерской программе со следующими характеристиками этих программ¹⁶:

- наличие словосочетания «наука о данных» (*data science*) в названии программы;
- страна обучения¹⁷;
- реализация программы учебным заведением, имеющим статус университета;
- тип присуждаемой магистерской степени;
- продолжительность обучения;
- специализация программы.

Для оценки взаимосвязи между стоимостью обучения и характеристиками программ будут использованы непараметрические критерии: *U*-критерий Манна — Уитни (сравнение стоимости обучения в двух группах) и *H*-критерий Краскела — Уоллиса (сравнение стоимости обучения в трех и более группах)¹⁸. Они позволят оценить наличие статистически значимых различий в стоимости обучения между группами программ с разными характеристиками. В табл. 10 приведены данные о числе программ, медиане и межквартильном отклонении годовой стоимости обучения в каждой группе, а также результаты статистических тестов.

Таблица 10. Сравнение годовой стоимости обучения по программам с разными характеристиками

Характеристики программ		Число программ	Медиана годовой стоимости обучения (тыс. руб.)	Межквартильное отклонение годовой стоимости обучения (тыс. руб.) ¹⁹	Значения статистических критериев и их значимость ²⁰
Наличие словосочетания «наука о данных» в названии программы	Да	42	462,5	652,7	$U = 697$ $p\text{-value} = 0,97$
	Нет	33	542,0	273,2	
Страна обучения	Индия	26	446,1	234,7	$H = 28,1$ $p\text{-value} = 0,000001$
	Россия	15	390,0	56,3	
	ОАЭ	15	2012,0	842,7	
	Китай	10	1542,4	740,2	
	ЮАР	7	295,1	61,3	

¹⁶ Нецелесообразно сравнивать стоимость обучения по программам с разными формами и форматами обучения ввиду низкой встречаемости в выборке программ, предусматривающих форму или формат обучения, отличный от очного обучения в аудитории.

¹⁷ Рассмотрены различия в стоимости обучения по странам, реализующим более пяти магистерских программ.

¹⁸ Используются непараметрические статистические тесты, поскольку распределение значений переменной стоимости обучения статистически значимо отличается от нормального.

¹⁹ Межквартильное отклонение характеризует разброс значений и рассчитывается как половина разницы между 3-м и 1-м квартилями.

²⁰ Пороговый уровень значимости — 5%.

Характеристики программ		Число программ	Медиана годовой стоимости обучения (тыс. руб.)	Межквартильное отклонение годовой стоимости обучения (тыс. руб.) ¹⁹	Значения статистических критериев и их значимость ²⁰
Реализация программы учебным заведением, имеющим статус университета	Да	61	450,0	542,6	$U = 478$ $p\text{-value} = 0,5$
	Нет	14	716,0	221,1	
Тип присуждаемой магистерской степени	Магистр наук	41	843,6	820,5	$H = 7,6$ $p\text{-value} = 0,1$
	Магистр технологий	8	669,9	181,7	
	Магистр делового администрирования	6	543,7	292,5	
	Магистр искусств	4	425,0	43,8	
	Другая	16	385,0	49,2	
Продолжительность обучения	Один год	15	2012,0	1351,6	$H = 7,8$ $p\text{-value} = 0,02$
	Два года	53	437,0	265,1	
	Другая	7	488,0	434,6	
Специализация программы на предметной области	Да	25	530,0	536,05	$U = 620$ $p\text{-value} = 0,95$
	Нет	50	528,5	367,6	
Специализация программы на методе работы с данными	Да	18	492,5	167,95	$U = 576$ $p\text{-value} = 0,44$
	Нет	57	581,5	550,25	

Наблюдаются статистически значимые различия в стоимости обучения по странам. Самые дорогостоящие программы в ОАЭ и Китае, при этом разброс значений показателя в этих странах высокий. Так, в ОАЭ стоимость года обучения варьирует от 313 до 4134 тыс. рублей, а в Китае — от 350 до 7236 тыс. рублей. В Индии, России и ЮАР стоимость обучения значительно ниже. Установлено также, что стоимость обучения по годовым учебным программам значительно выше, чем по программам с более длительным сроком реализации²¹. Возможно, причина состоит в том, что годовые программы магистратуры предполагают более интенсивное обучение, чем двухлетние. Сравнения стоимости обучения по группам программ, различающимся другими характеристиками, не выявили статистически значимых различий.

5.10. Кластеризация магистерских программ

Для определения групп магистерских программ со схожими характеристиками проведен кластерный анализ на основе следующих переменных:

- стоимость года обучения (тыс. руб.);
- продолжительность обучения (два года; другая);

²¹ Сравнивалась стоимость обучения за один учебный год.

- реализация программы учебным заведением, имеющим статус университета (да; нет);
- реализация программы вузом, входящим в первую сотню рейтинга университетов БРИКС (да; нет);
- формат обучения (в аудитории; онлайн или смешанный);
- тип присуждаемой степени (магистр наук; другая);
- специализация на углубленном изучении методов работы с данными (да; нет);
- специализация на предметной области (да; нет).

Поскольку из восьми анализируемых переменных одна является метрической, а все остальные категориальные (бинарные), использован алгоритм кластеризации *k-prototype* [Ji et al., 2013; Punhani, Arora, Sai Sabitha, 2022]. Он представляет собой комбинацию алгоритма *k-means*, используемого для кластеризации метрических переменных, с алгоритмом *k-modes*, подходящим для кластеризации категориальных данных. Значения метрической переменной предварительно нормализованы с помощью *z*-стандартизации [Milligan, Cooper, 1988]. Для определения оптимального числа кластеров использовались метод локтя и метод силуэта [Hmwe, Thein, Cho, 2020; Humaira, Rasyidah, 2020; Shu-taywi, Kachouie, 2021].

В результате сформированы четыре кластера. В табл. 11 представлена описательная статистика по переменным кластеризации. Дополнительно приведены данные о распределении числа программ каждого кластера по странам.

В первом кластере 20 программ. Это дорогостоящие программы, реализуемые университетами с невысоким рейтингом. Продолжительность обучения на 75% программ составляет 2 года. В аудитории реализуются 19 программ. Все программы присуждают степень магистра наук. Специализируются на углубленном изучении методов работы с данными 5 программ. В основном в кластере программы из Индии и ОАЭ, и все программы Саудовской Аравии отнесены к этому кластеру.

Во втором кластере 15 программ. Это самые дорогостоящие программы выборки, реализуемые преимущественно учебными заведениями, не имеющими статуса университета. Продолжительность обучения на 60% программ составляет 2 года. Все программы реализуются в аудитории и присуждают степень магистра наук. Специализируются на предметной области 10 программ. В кластере преимущественно программы из Индии, ОАЭ и Китая.

В третьем кластере 21 программа. Эти программы имеют самую низкую стоимость, их предлагают высокорейтинговые университеты. Продолжительность обучения на 71% программ составляет 2 года. В аудитории реализуются 86% программ. Только 29% программ присуждают степень магистра наук, остальные

Таблица 11. **Описательная статистика по кластерам**

		Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4
Число магистерских программ		20	15	21	19
Средняя стоимость года обучения (тыс. руб.)		1330,0	1811,3	468,1	616,6
Продолжительность обучения (число программ)	2 года	15	9	15	14
	Другая	5	6	6	5
Реализация учебным заведением, имеющим статус университета (число программ)	Да	20	6	21	14
	Нет	0	9	0	5
Реализация высокорейтинговым университетом (число программ)	Да	0	0	21	0
	Нет	20	15	0	19
Формат обучения (число программ)	В аудитории	19	15	18	15
	Онлайн или смешанный	1	0	3	4
Тип присуждаемой степени (число программ)	Магистр наук	20	15	6	0
	Другая	0	0	15	19
Специализация на углубленном изучении методов работы с данными (число программ)	Да	5	0	8	5
	Нет	15	15	13	14
Специализация на предметной области (число программ)	Да	0	10	7	8
	Нет	20	5	14	11
Страны (число программ)	Индия	8	5	0	13
	Россия	0	1	13	1
	ОАЭ	8	5	0	2
	Китай	1	4	3	2
	ЮАР	1	0	5	1
	Саудовская Аравия	2	0	0	0

предусматривают другие типы степеней. Специализируются на предметной области 7 программ, а на углубленном изучении методов работы с данными — 8. В кластере преимущественно программы из ЮАР и России: 13 из 15 российских программ отнесены к этому кластеру.

В четвертом кластере 19 программ. Это программы с низкой стоимостью обучения, действующие преимущественно в университетах с невысоким рейтингом. Продолжительность обучения на 74% программ составляет 2 года. В аудитории реализуются 79% программ. Ни одна программа не дает степени магистра наук. Специализируются на предметной области 8 программ, а на углубленном изучении методов работы с данными — 5. В кластере преимущественно программы из Индии.

Почти все российские программы попали в третий кластер. Российские вузы, вошедшие в выборку, занимают высокие пози-

ции в рейтинге университетов БРИКС, при этом стоимость обучения в них невысокая в сравнении с некоторыми другими странами. Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что удалось сформировать достаточно четко выделяемую кластерную структуру. Эту сегментацию рекомендуется учитывать при выстраивании сотрудничества стран БРИКС в области реализации образовательных программ по науке о данных. Близость характеристик реализуемых программ с высокой вероятностью облегчит создание на их основе нового совместного образовательного продукта.

6. Обсуждение результатов и заключение

Магистерские программы по науке о данных на английском языке реализуются в шести странах БРИКС: Индии, Китае, Объединенных Арабских Эмиратах, России, Саудовской Аравии и Южно-Африканской Республике. В ходе исследования выявлены характеристики, присущие большинству рассмотренных программ:

- междисциплинарность;
- специализация;
- практическая направленность обучения;
- обучение работе с большими данными;
- внимание к этическим аспектам использования данных и обеспечению конфиденциальности информации;
- гибкость и адаптивность.

Междисциплинарность магистерских программ по науке о данных проявляется в том, что учащиеся приобретают знания из разных предметных областей, таких как математика, теория вероятностей и статистика, информатика, бизнес-аналитика и проч.

По степени *специализации* выделяются универсальные и специализированные программы. Универсальные программы призваны дать общую подготовку для профессиональной работы с данными без специализации на конкретных предметных областях или методах работы с данными. Такие программы больше подходят для недавних выпускников бакалавриата, не относящегося к науке о данных, а также для людей с опытом работы, которые приняли решение сменить специализацию и приобрести профессиональные компетенции в области работы с данными. Специализированные программы могут фокусироваться на отдельных тематических разделах науки о данных или на работе с данными из определенных предметных областей. Такие программы скорее подойдут абитуриентам, которые уже определились с дальнейшей карьерной траекторией и хотят получить знания в конкретных областях, необходимые для их профессионального развития.

Практическая направленность обучения обеспечивается сфокусированностью образовательных программ на развитии у студентов практических навыков в области работы с данными.

Работе с большими данными отведено значимое место в учебных планах большинства программ: студенты изучают специфику работы с большими данными, возможности их применения при подготовке решений в разных областях деятельности.

Курсы этики и конфиденциальности данных в составе магистерских программ по науке о данных дают студентам представление о законах и стандартах, действующих в сфере защиты персональных данных, об ответственности за ненадлежащее использование данных и об этических принципах работы с данными и системами искусственного интеллекта.

Гибкость и адаптивность являются необходимыми свойствами магистерских программ по науке о данных, поскольку технологии работы с данными постоянно совершенствуются, появляются новые, более эффективные подходы. Соответственно учебные планы и содержимое отдельных дисциплин регулярно обновляются, что подтверждает анализ учебных планов программ выборки за разные годы. Гибкость и адаптивность программ обеспечивается также возможностью выбрать одну из специализаций, такую возможность предоставляет студентам ряд рассмотренных образовательных программ. Учебный план, как правило, содержит блок дисциплин по выбору, позволяющий студенту формировать свой индивидуальный план обучения в зависимости от его интересов и карьерных целей.

Поскольку все рассмотренные программы реализуются на английском языке и выделяются кластеры программ со схожими характеристиками, можно сделать вывод о наличии потенциала для развития совместных магистерских программ, проектов студенческой мобильности, обмена преподавателями в рамках партнерства университетов БРИКС в области науки о данных. Такое партнерство потенциально может укрепить конкурентные позиции стран БРИКС на международном рынке образования. При этом потенциальным партнерам рекомендуется принимать во внимание ряд обстоятельств, которые могут осложнить сотрудничество:

- четыре страны БРИКС — Бразилия, Египет, Иран и Эфиопия — не реализуют магистерские программы по науке о данных на английском языке, поэтому образовательное партнерство с ними в этой области может быть затруднено;
- сроки начала и окончания учебного года в странах БРИКС различаются;
- годовая стоимость обучения по магистерским программам существенно различается, в том числе в пределах одной страны;
- далеко не все программы уделяют внимание внутренней согласованности учебного плана, в ряде случаев программа ско-

рее представляет собой набор отдельных дисциплин, чем целостный образовательный продукт;

- ряд программ излишне сфокусирован на определенной предметной области, и ей посвящена значительная доля дисциплин, составляющих программу. Другой крайностью может быть слишком общий подход к построению учебного плана, предполагающий довольно поверхностное ознакомление студентов с методами работы с данными, специализированными техническими средствами и языками программирования, востребованными на рынке труда исследователей данных.

Результаты исследования могут представлять интерес для менеджеров в сфере высшего образования, в частности для академических руководителей образовательных программ. Исследование имеет ряд ограничений, которые необходимо учитывать при ознакомлении с его результатами. Во-первых, рассмотрены только англоязычные магистерские программы по науке о данных, хотя в странах БРИКС реализуется немало аналогичных программ на других языках. Во-вторых, исследование опирается на данные о магистерских программах, размещенные на их официальных веб-сайтах в интернете. Расширение источников данных позволило бы сформировать более развернутое и многостороннее представление об изучаемом образовательном сегменте. Эти ограничения могут быть преодолены в ходе дальнейших исследований.

Приложение

Список проанализированных магистерских программ, реализующих их учебных заведений и стран

Номер	Магистерская программа	Учебное заведение	Страна
1	Data Science	Alliance University	Индия
2	Data Science	Amrita University	Индия
3	Data Analytics	Bharathiar University	Индия
4	Business Analytics	BML Munjal University	Индия
5	Data Science	Chanakya University	Индия
6	Data Science	Chandigarh University	Индия
7	Data Science	Christ University	Индия
8	Finance and Analytics	Christ University	Индия
9	Business Analytics	Jindal Global University	Индия
10	AI and Data Science	KIIT University	Индия
11	Mathematics and Data Sciences	KIIT University	Индия
12	Data Science	Lovely Professional University	Индия
13	Data Science and Analytics	Lovely Professional University	Индия
14	Statistics and Data Analytics	Lovely Professional University	Индия
15	Big Data Analytics	Manipal Academy of Higher Education	Индия

Номер	Магистерская программа	Учебное заведение	Страна
16	Business Analytics	Manipal Academy of Higher Education	Индия
17	Data Science	Manipal Academy of Higher Education	Индия
18	Data Science	Manipal University	Индия
19	Bioinformatics and Data Science	Sathyabama Institute of Science and Technology	Индия
20	Data Science and Artificial Intelligence	Shiv Nadar University	Индия
21	Business Analytics (SIBM Bengaluru)	Symbiosis International University	Индия
22	Business Analytics (SCMHRD Pune)	Symbiosis International University	Индия
23	Data Science and Spatial Analytics	Symbiosis International University	Индия
24	Computational and Data Science	Vellore Institute of Technology	Индия
25	Computer Science and Engineering with specialization in Big Data Analytics	Vellore Institute of Technology	Индия
26	Data Science	Vellore Institute of Technology	Индия
27	Business Administration and Data Science	Copenhagen Business School	Китай
28	Healthcare Innovation & Data Science	Emlyon Business School	Китай
29	Data Science and Analytics	Hong Kong University of Science and Technology	Китай
30	Data Analytics and Business Computing	NYU Shanghai	Китай
31	Psychometrics and Big Data Mining	Southwest Jiaotong University	Китай
32	Business Analytics	Xi'an Jiaotong-Liverpool University	Китай
33	Data Science	Xi'an Jiaotong-Liverpool University	Китай
34	Big Data in E-Commerce	Zhejiang Gongshang University	Китай
35	Business Data Management	Zhejiang Gongshang University	Китай
36	Data Science	Zhejiang University International Business School	Китай
37	Data Analytics	BIG Academy	ОАЭ
38	Business Analytics	Eaton Business School	ОАЭ
39	Data Analytics	Exeed College	ОАЭ
40	Analytics	Harrisburg University Of Science and Technology Dubai	ОАЭ
41	Business Analytics and Consultancy	Heriot-Watt University Dubai	ОАЭ
42	Computational Mathematics and Data Analysis	Heriot-Watt University Dubai	ОАЭ
43	Data Science	Heriot-Watt University Dubai	ОАЭ
44	Computational Data Science	Khalifa University	ОАЭ
45	Data Science	Middlesex University Dubai	ОАЭ
46	Data Analytics	RIT Dubai	ОАЭ
47	Data Science	University of Birmingham Dubai	ОАЭ
48	Health Data Science	University of Birmingham Dubai	ОАЭ
49	Data Science	University of Dubai	ОАЭ

Номер	Магистерская программа	Учебное заведение	Страна
50	Business Analytics	University of Sharjah	ОАЭ
51	Data Science	University of Sharjah	ОАЭ
52	Big Data and Machine Learning	ITMO University	Россия
53	Geology – Complex Data Analysis in Petroleum Geosciences	Kazan Federal University	Россия
54	Applied Statistics with Network Analysis	National Research University Higher School of Economics	Россия
55	Business Analytics and Big Data Systems	National Research University Higher School of Economics	Россия
56	Data Analytics and Social Statistics	National Research University Higher School of Economics	Россия
57	Data Analytics for Business and Economics	National Research University Higher School of Economics	Россия
58	Data Analytics for Politics and Society	National Research University Higher School of Economics	Россия
59	Data Science	National Research University Higher School of Economics	Россия
60	Data Science	National Research University Higher School of Economics	Россия
61	Data Science	National University of Science and Technology (MISIS)	Россия
62	Data Science and Digital Transformation	RUDN University	Россия
63	Business Analytics and Big Data	Saint-Petersburg University	Россия
64	Biomedical Data Science	Siberian Federal University	Россия
65	Data Science	Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech)	Россия
66	Big Data and Data Science	Tomsk State University	Россия
67	Data Science	Princess Nourah Bint Abdulrahman University	Саудовская Аравия
68	Data Science	Saudi Electronic University	Саудовская Аравия
69	Data Science	University of Cape Town	ЮАР
70	Applied Data Science	University of Johannesburg	ЮАР
71	Data Science	University of Kwazulu Natal	ЮАР
72	Advanced Data Analytics (M. Sc.)	University of Pretoria	ЮАР
73	Advanced Data Analytics (Mcom)	University of Pretoria	ЮАР
74	Big Data Science	University of Pretoria	ЮАР
75	Data Science	University of the Witwatersrand, Johannesburg	ЮАР

Литература

1. Келлехер Д., Тирни Б. (2020) *Наука о данных. Базовый курс*. М.: Альпина Паблишер.
2. Никольский В.С., Лукашенко М.А., Шарова Е.А. (2022) Современный мировой ландшафт онлайн-обучения наукам о данных. *Высшее образование в России*, т. 31, № 4, сс. 129–147. <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2022-31-4-129-147>
3. Цзэн Т. (2019) Сравнительное исследование моделей развития университетских союзов стран ШОС и БРИКС. *Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование*, № 3, сс. 38–51. <https://doi.org/10.51314/2073-2635-2019-3-38-51>
4. Черников С.Ю. (2021) Возможности Сетевого университета БРИКС как образовательной платформы инновационного сотрудничества. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика*. т. 29, № 1. сс. 76–87. <https://doi.org/10.22363/2313-2329-2021-29-1-76-87>
5. Alpar P., Schulz M. (2022) More Data Analysis with Citizen Data Scientists? *Information Systems and Technologies. WorldCIST 2022. Lecture Notes in Networks and Systems* (eds A. Rocha, H. Adeli, G. Dzemyda, F. Moreira), vol. 469. Cham: Springer, pp. 122–130. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04819-7_13
6. Arteeva V.S., Skhvediani A.E., Sosnovskikh S. (2024) Dynamics of Changes in Competencies Required in the Labour Market for Data Analyst and Business Analyst Professions in Russia. *Journal of Applied Economic Research*, vol. 23, no 4, pp. 1150–1181. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.4.045>
7. Atenas J., Havemann L., Timmermann C. (2023) Reframing Data Ethics in Research Methods Education: A Pathway to Critical Data Literacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 20, February, Article no 11, <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00380-y>
8. Barlas P., Lanning I., Heavey C. (2015) A Survey of Open Source Data Science Tools. *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics*, vol. 8, no 3, pp. 232–261. <https://doi.org/10.1108/IJICC-07-2014-0031>
9. Binah-Pollak A., Hazzan O., Mike K., Hacohen R.L. (2024) Anthropological Thinking in Data Science Education: Thinking within Context. *Education and Information Technologies*, vol. 29, no 11, pp. 14245–14260. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12444-7>
10. Bonesso S., Bruni E., Gerli F. (2020) When Hard Skills Are Not Enough: Behavioral Competencies of Data Scientists and Data Analysts. *Behavioral Competencies of Digital Professionals* (authors S. Bonesso, E. Bruni, F. Gerli), Cham: Palgrave Pivot, pp. 63–87. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33578-6_4
11. Borjigin C., Zhang C. (2022) Data Science: Trends, Perspectives, and Prospects. *Data Science and Informetrics*, vol. 2, no 3. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1014621/v1>
12. Cao L. (2019) Data Science: Profession and Education. *IEEE Intelligent Systems*, vol. 34, no 5, pp. 35–44. <https://doi.org/10.1109/MIS.2019.2936705>
13. Cao L. (2018) *Data Science Thinking: The Next Scientific, Technological and Economic Revolution*. Cham: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95092-1_3
14. Chapman P., Clinton J., Kerber R., Khabaza T., Reinartz T., Shearer C., Wirth R. (2000) *CRISP-DM 1.0 – Step-by-Step Data Mining Guide*. Available at: <https://keithmccormick.com/wp-content/uploads/CRISP-DM-1.0.pdf> (accessed 02.07.2025).
15. Church A.H., Dutta S. (2013) The Promise of Big Data for OD: Old Wine in New Bottles or the Next Generation of Data-Driven Methods for Change? *OD Practitioner*, vol. 45, no 4, pp. 23–31.
16. Coners A., Matthies B., Vollenberg C., Koch J. (2024) Data Skills for Everyone! (?)—An Approach to Assessing the Integration of Data Literacy and Data Science

- Competencies in Higher Education. *Journal of Statistics and Data Science Education*, vol. 33, no 1, pp. 90–115. <https://doi.org/10.1080/26939169.2024.2334408>
17. Davenport T.H., Patil D.J. (2022) Is Data Scientist Still the Sexiest Job of the 21st Century? *Harvard Business Review*, July 15. Available at: <https://hbr.org/2022/07/is-data-scientist-still-the-sexiest-job-of-the-21st-century> (accessed 03.02.2025).
 18. Davis D.K. (2020) *Ethics in Data Science Education*. Paper presented at 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access (virtual, 2020, 22 June — 2021, 26 June), 10.18260/1-2--34589. <http://dx.doi.org/10.18260/1-2--34589>
 19. Dickson K., Zlatev V. (2023) An Integrated Framework for Assessing Data and Business Analytics Skills for the Job Market. *Computer Science and Education in Computer Science. CSECS 2023. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering* (eds T. Zlateva, G. Tuparov), Cham: Springer, vol. 514, pp. 305–320. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44668-9_24
 20. Egger R., Yu J. (2022) Data Science and Interdisciplinarity. *Applied Data Science in Tourism. Tourism on the Verge* (ed. R. Egger), Cham: Springer, pp. 35–49. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88389-8_3
 21. Fayyad U., Hamutcu H. (2020) Toward Foundations for Data Science and Analytics: A Knowledge Framework for Professional Standards. *Harvard Data Science Review*, no 2.2. <https://doi.org/10.1162/99608f92.1a99e67a>
 22. Guitert M., Romeu T., Romero M. (2023) How to Integrate Data Culture in HE: A Teaching Experience in a Digital Competence Course. *Data Cultures in Higher Education. Higher Education Dynamics*, vol. 59 (eds J.E. Raffaghelli, A. Sangrà), Cham: Springer, pp. 245–265. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24193-2_10
 23. Hazzan O., Mike K. (2023) Social and Ethical Issues of Data Science. *Guide to Teaching Data Science. An Interdisciplinary Approach* (authors O. Hazzan, K. Mike), Cham: Springer, pp. 179–195. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24758-3_12
 24. Hmwe T.T., Thein N.Y.T., Cho K.M. (2020) Improving Clustering Quality Using Silhouette Score. *Journal of Computer Applications and Research*, vol. 1, no 1, pp. 58–62.
 25. Hosseini M., Wiczorek M., Gordijn B. (2022) Ethical Issues in Social Science Research Employing Big Data. *Science and Engineering Ethics*, vol. 28, June, Article no 29. <https://doi.org/10.1007/s11948-022-00380-7>
 26. Humaira H., Rasyidah R. (2020) Determining the Appropriate Cluster Number Using Elbow Method for k-Means Algorithm. *Proceedings of the 2nd Workshop on Multidisciplinary and Applications (Padang, Indonesia, 2018, 24–25 January)*. <https://doi.org/10.4108/eai.24-1-2018.2292388>
 27. Isigicok E., Celik S., Ozdemir Y.D. (2023) Analysis of Skills and Qualifications Required in Data Scientist Job Postings Based on the Pareto Analysis Perspective Using Text Mining. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, vol. 39, pp. 10–25. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2023.39.1256697>
 28. Ismail F.B., Xuan A.T.Z., Rusilowati U., Williams J. (2024) Exploring the Frontier of Data Science: Innovations, Challenges, and Future Directions. *International Transactions on Education Technology*, vol. 2, no 2, pp. 163–172. <https://doi.org/10.33050/itee.v2i2.594>
 29. Ji J., Bai T., Zhou C., Ma C., Wang Z. (2013) An Improved k-Prototypes Clustering Algorithm for Mixed Numeric and Categorical Data. *Neurocomputing*, vol. 120, November, pp. 590–596. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2013.04.011>
 30. Khomyakov M. (2021) BRICS and Beyond: Some Principles of Educational Collaboration in the Global South. *The BRICS Order. Assertive or Complementing the West?* (eds D. Monyae, B. Ndzendze), Cham: Palgrave Macmillan, pp. 221–247. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62765-2_10

31. Kovalev I., Shcherbakova A. (2019) BRICS Cooperation in Science and Education. *Strategic Analysis*, vol. 43, no 6, pp. 532–542. <https://doi.org/10.1080/09700161.2019.1669903>
32. Kumar D., Bassill N.P. (2024) Analysing Trends of Computational Urban Science and Data Science Approaches for Sustainable Development. *Computational Urban Science*, vol. 4, Article no 33. <https://doi.org/10.1007/s43762-024-00142-0>
33. Leewis S., Smit K., Versendaal J. (2024) Discovering Operational Decisions from Data — a Framework Supporting Decision Discovery from Data. *Decision*, vol. 51, December, pp. 417–436. <https://doi.org/10.1007/s40622-024-00402-2>
34. Li D., Milonas E., Zhang Q. (2021) *Content Analysis of Data Science Graduate Programs in the U.S.* Paper presented at ASEE Virtual Annual Conference (virtual, 2021, 26 July — 2022, 19 July). <https://doi.org/10.18260/1-2--36841>
35. Li G., Yuan C., Kamarthi S., Moghaddam M., Jin X. (2021) Data Science Skills and Domain Knowledge Requirements in the Manufacturing Industry: A Gap Analysis. *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 60, July, pp. 692–706. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.07.007>
36. Li Y. (2018) Development of Cooperation in Higher Education in BRICS Countries. *Changing Societies & Personalities*, vol. 2, no 8, pp. 393–405. <https://doi.org/10.15826/csp.2018.2.4.053>
37. Martinez-Plumed F., Contreras-Ochando L., Ferri C., Hernandez Orallo J., Kull M., Lachiche N., Quintana M.J.A., Flach P.A. (2019) CRISP-DM Twenty Years Later: From Data Mining Processes to Data Science Trajectories. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 33, no 8, pp. 3048–3061. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2019.2962680>
38. Michaelsen L.K., Sweet M. (2008) The Essential Elements of Team-Based Learning. *New Directions for Teaching and Learning*, no 116, pp. 7–27. <https://doi.org/10.1002/tl.330>
39. Mike K., Kimelfeld B., Hazzan O. (2023) The Birth of a New Discipline: Data Science Education. *Harvard Data Science Review*, no 5.4. <https://doi.org/10.1162/99608f92.280afe66>
40. Mildenerger T., Braschler M., Ruckstuhl A., Vorburger R., Stockinger K. (2023) The Role of Data Scientists in Modern Enterprises — Experience from Data Science Education. *ACM SIGMOD Record*, vol. 52, no 2, pp. 48–52. <https://doi.org/10.1145/3615952.3615966>
41. Milligan G.W., Cooper M.C. (1988) A Study of Standardization of Variables in Cluster Analysis. *Journal of Classification*, vol. 5, September, pp. 181–204. <https://doi.org/10.1007/BF01897163>
42. Msweli N., Mawela T., Twinomurizi H. (2023) Data Science Education — A Scoping Review. *Journal of Information Technology Education: Research*, vol. 22, pp. 263–294. <https://doi.org/10.28945/5173>
43. Mullarkey M.T., Hevner A.R., Grandon G.T., Dutta K. (2019) Citizen Data Scientist: A Design Science Research Method for the Conduct of Data Science Projects. *Extending the Boundaries of Design Science Theory and Practice* (eds B. Tulu, S. Djamasbi, G. Leroy), Cham: Springer, pp. 191–205. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19504-5_13
44. Naur P. (1966) The Science of Datalogy. *Communications of the ACM*, vol. 9, no 7, p. 485. <https://doi.org/10.1145/365719.366510>
45. Park S., Wang A.Y., Kawas B., Liao Q.V., Piorkowski D., Danilevsky M. (2021) Facilitating Knowledge Sharing from Domain Experts to Data Scientists for Building NLP Models. *Proceedings of the 26th International Conference on Intelligent User Interfaces (College Station TX USA, 2021, 14–17 April)*, pp. 585–596. <https://doi.org/10.1145/3397481.3450637>
46. Paul S., Sah D., Das R., Goswami S., Samanta S., Roy B., Pal D. (2022) Components of Data Science and its Applications. *International Journal of Engineer-*

- ring Applied Sciences and Technology*, vol. 7, no 5, pp. 237–240. <https://doi.org/10.33564/ijeast.2022.v07i05.039>
47. Punhani R., Arora V.P.S., Sai Sabitha A. (2022) K-Prototype Algorithm for Clustering Large Data Sets with Categorical Values to Established Product Segmentation. *Proceedings of Data Analytics and Management. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol. 90 (eds D. Gupta, Z. Polkowski, A. Khanna, S. Bhattacharyya, O. Castillo), Singapore: Springer, pp. 343–353. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6289-8_29
 48. Quasim M.T., Johri P., Meraj M., Haider S.W. (2019) 5V's of Big Data via Cloud Computing: Uses and Importance. *Science International*, vol. 31, no 3, pp. 367–371. Available at: https://www.researchgate.net/publication/333171951_5_V'S_OF_BIG_DATA_VIA_CLOUD_COMPUTING_USES_AND_IMPORTANCE (accessed 03.02.2025).
 49. Rodolfa K.T., Unanue A., Gee M., Ghani R. (2019) An Experience-Centered Approach to Training Effective Data Scientists. *Big Data*, vol. 7, no 4, pp. 249–261. <https://doi.org/10.1089/big.2019.0100>
 50. Saltz J.S., Dewar N. (2019) Data Science Ethical Considerations: A Systematic Literature Review and Proposed Project Framework. *Ethics and Information Technology*, vol. 21, September, pp. 197–208. <https://doi.org/10.1007/s10676-019-09502-5>
 51. Shapiro B.R., Meng A., O'Donnell C., Lou C., Zhao E., Dankwa B., Hostetler A.L. (2020) Re-Shape: A Method to Teach Data Ethics for Data Science Education. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Honolulu, HI USA, 2020, 25–30 April), Paper no 124. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376251>
 52. Shutaywi M., Kachouie N. N. (2021) Silhouette Analysis for Performance Evaluation in Machine Learning with Applications to Clustering. *Entropy*, vol. 23, no 6, Article no 759. <https://doi.org/10.3390/e23060759>
 53. Skulmowski A. (2024) Learning by Doing or Doing Without Learning? The Potentials and Challenges of Activity-Based Learning. *Educational Psychology Review*, vol. 36, February, Article no 28. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09869-y>
 54. Song I.Y., Zhu Y. (2016) Big Data and Data Science: What Should We Teach? *Expert Systems*, vol. 33, no 4, pp. 364–373. <https://doi.org/10.1111/exsy.12130>
 55. Sun J., Yang A. (2021) Optimism beyond the Problems: BRICS Higher Education Cooperation from a Chinese Perspective. *Revista Española de Educación Comparada*, no 39, pp. 103–122. <https://doi.org/10.5944/reec.39.2021.29840>
 56. Terbusheva E. (2021) *Professional Training for Data Analysts: Current Trends, Required Skills and Competences*. Available at: https://ceur-ws.org/Vol-2920/paper_3.pdf (accessed 3.02.2025).
 57. Tobar F., Bravo-Marquez F., Dunstan J., Fontbona J., Maass A., Remenik D., Silva J.F. (2021) Data Science for Engineers: A Teaching Ecosystem. *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 38, no 3, pp. 144–153. <https://doi.org/10.1109/MSP.2021.3053551>
 58. Vance E.A. (2021) Using Team-Based Learning to Teach Data Science. *Journal of Statistics and Data Science Education*, vol. 29, no 3, pp. 277–296. <https://doi.org/10.1080/26939169.2021.1971587>
 59. Vogt J., Voigt T., Nowak A., Pawlowski J.M. (2023) Development of a Job Advertisement Analysis for Assessing Data Science Competencies. *Data Science Journal*, vol. 22, Article no 33. <https://doi.org/10.5334/dsj-2023-033>
 60. Zakaria M. (2022) Data Science Education Programmes in Middle Eastern Institutions: A Survey Study. *IFLA Journal*, vol. 49, no 1, Article no 03400352221113362. <https://doi.org/10.1177/03400352221113362>
 61. Zhang Z., Yamamoto T., Nakajima K. (2023) Development of Education Curriculum in the Data Science Area for a Liberal Arts University. *Towards a Colla-*

- borative Society Through Creative Learning* (eds T. Keane, C. Lewin, T. Brinda, R. Bottino), Cham: Springer, pp. 349–360. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43393-1_32
62. Zins C. (2007) Conceptual Approaches for Defining Data, Information, and Knowledge. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 58, no 4, pp. 479–493. <https://doi.org/10.1002/asi.20508>
63. Zvereva E., Belenkova N., Kruse I. (2020) From the Economic Union to the Harmonisation of Higher Education in the BRICS Countries: The Experience of RUDN University. *Space and Culture, India*, vol. 7, no 5, pp. 60–69. <https://doi.org/10.20896/saci.v7i5.671>

References

- Alpar P., Schulz M. (2022) More Data Analysis with Citizen Data Scientists? *Lecture Notes in Networks and Systems. WorldCIST 2022. Lecture Notes in Networks and Systems* (eds A. Rocha, H. Adeli, G. Dzemyda, F. Moreira), vol. 469. Cham: Springer, pp. 122–130. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04819-7_13
- Arteeva V.S., Skhvediani A.E., Sosnovskikh S. (2024) Dynamics of Changes in Competencies Required in the Labour Market for Data Analyst and Business Analyst Professions in Russia. *Journal of Applied Economic Research*, vol. 23, no 4, pp. 1150–1181. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.4.045>
- Atenas J., Havemann L., Timmermann C. (2023) Reframing Data Ethics in Research Methods Education: A Pathway to Critical Data Literacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 20, February, Article no 11, <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00380-y>
- Barlas P., Lanning I., Heavey C. (2015) A Survey of Open Source Data Science Tools. *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics*, vol. 8, no 3, pp. 232–261. <https://doi.org/10.1108/IJICC-07-2014-0031>
- Binah-Pollak A., Hazzan O., Mike K., Hacohen R. L. (2024) Anthropological Thinking in Data Science Education: Thinking within Context. *Education and Information Technologies*, vol. 29, no 11, pp. 14245–14260. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12444-7>
- Bonesso S., Bruni E., Gerli F. (2020) When Hard Skills Are Not Enough: Behavioral Competencies of Data Scientists and Data Analysts. *Behavioral Competencies of Digital Professionals* (authors S. Bonesso, E. Bruni, F. Gerli), Cham: Palgrave Pivot, pp. 63–87. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33578-6_4
- Borjigin C., Zhang C. (2022) Data Science: Trends, Perspectives, and Prospects. *Data Science and Informetrics*, vol. 2, no 3. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1014621/v1>
- Cao L. (2019) Data Science: Profession and Education. *IEEE Intelligent Systems*, vol. 34, no 5, pp. 35–44. <https://doi.org/10.1109/MIS.2019.2936705>
- Cao L. (2018) *Data Science Thinking: The Next Scientific, Technological and Economic Revolution*. Cham: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95092-1_3
- Chapman P., Clinton J., Kerber R., Khabaza T., Reinartz T., Shearer C., Wirth R. (2000) *CRISP-DM 1.0 — Step-by-Step Data Mining Guide*. Available at: <https://keithmccormick.com/wp-content/uploads/CRISP-DM-1.0.pdf> (accessed 02.07.2025).
- Chernikov S.Y. (2021) BRICS Network University Potential as an Educational Platform for Innovative Cooperation. *RUDN Journal of Economics*, vol. 29, no 1, pp. 76–87 (In Russian). <https://doi.org/10.22363/2313-2329-2021-29-1-76-87>
- Church A.H., Dutta S. (2013) The Promise of Big Data for OD: Old Wine in New Bottles or the Next Generation of Data-Driven Methods for Change? *OD Practitioner*, vol. 45, no 4, pp. 23–31.
- Coners A., Matthies B., Vollenberg C., Koch J. (2024) Data Skills for Everyone! (?)—An Approach to Assessing the Integration of Data Literacy and Data Science Competencies in Higher Education. *Journal of Statistics and Data Science Education*, vol. 33, no 1, pp. 90–115. <https://doi.org/10.1080/26939169.2024.2334408>

- Davenport T.H., Patil D.J. (2022) Is Data Scientist Still the Sexiest Job of the 21st Century? *Harvard Business Review*, July 15. Available at: <https://hbr.org/2022/07/is-data-scientist-still-the-sexiest-job-of-the-21st-century> (accessed 03.02.2025).
- Davis D.K. (2020) *Ethics in Data Science Education*. Paper presented at 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access (virtual, 2020, 22 June — 2021, 26 June), 10.18260/1-2--34589. <http://dx.doi.org/10.18260/1-2--34589>
- Dickson K., Zlatev V. (2023) An Integrated Framework for Assessing Data and Business Analytics Skills for the Job Market. *Computer Science and Education in Computer Science. CSECS 2023. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering* (eds T. Zlateva, G. Tuparov), Cham: Springer, vol. 514, pp. 305–320. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44668-9_24
- Egger R., Yu J. (2022) Data Science and Interdisciplinarity. *Applied Data Science in Tourism. Tourism on the Verge* (ed. R. Egger), Cham: Springer, pp. 35–49. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88389-8_3
- Fayyad U., Hamutcu H. (2020) Toward Foundations for Data Science and Analytics: A Knowledge Framework for Professional Standards. *Harvard Data Science Review*, no 2.2. <https://doi.org/10.1162/99608f92.1a99e67a>
- Guitert M., Romeu T., Romero M. (2023) How to Integrate Data Culture in HE: A Teaching Experience in a Digital Competence Course. *Data Cultures in Higher Education. Higher Education Dynamics*, vol. 59 (eds J.E. Raffaghelli, A. Sangrà), Cham: Springer, pp. 245–265. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24193-2_10
- Hazzan O., Mike K. (2023) Social and Ethical Issues of Data Science. *Guide to Teaching Data Science. An Interdisciplinary Approach* (authors O. Hazzan, K. Mike), Cham: Springer, pp. 179–195. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24758-3_12
- Hmwte T.T., Thein N.Y.T., Cho K.M. (2020) Improving Clustering Quality Using Silhouette Score. *Journal of Computer Applications and Research*, vol. 1, no 1, pp. 58–62.
- Hosseini M., Wieczorek M., Gordijn B. (2022) Ethical Issues in Social Science Research Employing Big Data. *Science and Engineering Ethics*, vol. 28, June, Article no 29. <https://doi.org/10.1007/s11948-022-00380-7>
- Humaira H., Rasyidah R. (2020) Determining the Appropriate Cluster Number Using Elbow Method for k-Means Algorithm. *Proceedings of the 2nd Workshop on Multidisciplinary and Applications (Padang, Indonesia, 2018, 24–25 January)*. <https://doi.org/10.4108/eai.24-1-2018.2292388>
- Isigicok E., Celik S., Ozdemir Y.D. (2023) Analysis of Skills and Qualifications Required in Data Scientist Job Postings Based on the Pareto Analysis Perspective Using Text Mining. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, vol. 39, pp. 10–25. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2023.39.1256697>
- Ismail F.B., Xuan A.T.Z., Rusilowati U., Williams J. (2024) Exploring the Frontier of Data Science: Innovations, Challenges, and Future Directions. *International Transactions on Education Technology*, vol. 2, no 2, pp. 163–172. <https://doi.org/10.33050/itee.v2i2.594>
- Ji J., Bai T., Zhou C., Ma C., Wang Z. (2013) An Improved k-Prototypes Clustering Algorithm for Mixed Numeric and Categorical Data. *Neurocomputing*, vol. 120, November, pp. 590–596. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2013.04.011>
- Kelleher D., Tierney B. (2020) *Data Science. Basic Course*. Moscow: Alpina Publisher (In Russian).
- Khomyakov M. (2021) BRICS and Beyond: Some Principles of Educational Collaboration in the Global South. *The BRICS Order. Assertive or Complementing the West?* (eds D. Monyae, B. Ndzendze), Cham: Palgrave Macmillan, pp. 221–247. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62765-2_10
- Kovalev I., Shcherbakova A. (2019) BRICS Cooperation in Science and Education. *Strategic Analysis*, vol. 43, no 6, pp. 532–542. <https://doi.org/10.1080/09700161.2019.1669903>

- Kumar D., Bassill N.P. (2024) Analysing Trends of Computational Urban Science and Data Science Approaches for Sustainable Development. *Computational Urban Science*, vol. 4, Article no 33. <https://doi.org/10.1007/s43762-024-00142-0>
- Leewis S., Smit K., Versendaal J. (2024) Discovering Operational Decisions from Data — a Framework Supporting Decision Discovery from Data. *Decision*, vol. 51, December, pp. 417–436. <https://doi.org/10.1007/s40622-024-00402-2>
- Li D., Milonas E., Zhang Q. (2021) *Content Analysis of Data Science Graduate Programs in the U.S.* Paper presented at 2021 ASEE Virtual Annual Conference (virtual, 2021, 26 July — 2022, 19 July). <https://doi.org/10.18260/1-2--36841>
- Li G., Yuan C., Kamarthi S., Moghaddam M., Jin X. (2021) Data Science Skills and Domain Knowledge Requirements in the Manufacturing Industry: A Gap Analysis. *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 60, pp. 692–706. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.07.007>
- Li Y. (2018) Development of Cooperation in Higher Education in BRICS Countries. *Changing Societies & Personalities*, vol. 2, no 8, pp. 393–405. <https://doi.org/10.15826/csp.2018.2.4.053>
- Martinez-Plumed F., Contreras-Ochando L., Ferri C., Hernandez Orallo J., Kull M., Lachiche N., Quintana M.J.A., Flach P.A. (2019) CRISP-DM Twenty Years Later: From Data Mining Processes to Data Science Trajectories. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 33, no 8, pp. 3048–3061. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2019.2962680>
- Michaelsen L.K., Sweet M. (2008) The Essential Elements of Team-Based Learning. *New Directions for Teaching and Learning*, no 116, pp. 7–27. <https://doi.org/10.1002/tl.330>
- Mike K., Kimelfeld B., Hazzan O. (2023) The Birth of a New Discipline: Data Science Education. *Harvard Data Science Review*, no 5.4. <https://doi.org/10.1162/99608f92.280afe66>
- Mildenberger T., Braschler M., Ruckstuhl A., Vorburger R., Stockinger K. (2023) The Role of Data Scientists in Modern Enterprises — Experience from Data Science Education. *ACM SIGMOD Record*, vol. 52, no 2, pp. 48–52. <https://doi.org/10.1145/3615952.3615966>
- Milligan G.W., Cooper M.C. (1988) A Study of Standardization of Variables in Cluster Analysis. *Journal of Classification*, vol. 5, September, pp. 181–204. <https://doi.org/10.1007/BF01897163>
- Msweli N., Mawela T., Twinomurinzi H. (2023) Data Science Education — A Scoping Review. *Journal of Information Technology Education: Research*, vol. 22, pp. 263–294. <https://doi.org/10.28945/5173>
- Mullarkey M.T., Hevner A.R., Grandon Gill T., Dutta K. (2019) Citizen Data Scientist: A Design Science Research Method for the Conduct of Data Science Projects. *Extending the Boundaries of Design Science Theory and Practice* (eds B. Tulu, S. Djamasbi, G. Leroy), Cham: Springer, pp. 191–205. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19504-5_13
- Naur P. (1966) The Science of Datalogy. *Communications of the ACM*, vol. 9, no 7, p. 485. <https://doi.org/10.1145/365719.366510>
- Nikolskiy V.S., Lukashenko M.A., Sharova E.A. (2022) The Modern World Landscape of Data Science Online Education. *Vysshee obrazovanie v Rossii / Higher Education in Russia*, vol. 31, no 4, pp. 129–147 (In Russian). <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2022-31-4-129-147>
- Park S., Wang A.Y., Kawas B., Liao Q.V., Piorkowski D., Danilevsky M. (2021) Facilitating Knowledge Sharing from Domain Experts to Data Scientists for Building NLP Models. *Proceedings of the 26th International Conference on Intelligent User Interfaces (College Station TX USA, 2021, 14–17 April)*, pp. 585–596. <https://doi.org/10.1145/3397481.3450637>
- Paul S., Sah D., Das R., Goswami S., Samanta S., Roy B., Pal D. (2022) Components of Data Science and its Applications. *International Journal of Engineer-*

- ing Applied Sciences and Technology*, vol. 7, no 5, pp. 237–240. <https://doi.org/10.33564/ijeast.2022.v07i05.039>
- Punhani R., Arora V.P.S., Sai Sabitha A. (2022) K-Prototype Algorithm for Clustering Large Data Sets with Categorical Values to Established Product Segmentation. *Proceedings of Data Analytics and Management. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol. 90 (eds D. Gupta, Z. Polkowski, A. Khanna, S. Bhattacharyya, O. Castillo), Singapore: Springer, pp. 343–353. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6289-8_29
- Quasim M.T., Johri P., Meraj M., Haider S.W. (2019) 5V's of Big Data via Cloud Computing: Uses and Importance. *Science International*, vol. 31, no 3, pp. 367–371. Available at: https://www.researchgate.net/publication/333171951_5_V'S_OF_BIG_DATA_VIA_CLOUD_COMPUTING_USES_AND_IMPORTANCE (accessed 03.02.2025).
- Rodolfa K.T., Unanue A., Gee M., Ghani R. (2019) An Experience-Centered Approach to Training Effective Data Scientists. *Big Data*, vol. 7, no 4, pp. 249–261. <https://doi.org/10.1089/big.2019.0100>
- Saltz J.S., Dewar N. (2019) Data Science Ethical Considerations: a Systematic Literature Review and Proposed Project Framework. *Ethics and Information Technology*, vol. 21, September, pp. 197–208. <https://doi.org/10.1007/s10676-019-09502-5>
- Shapiro B.R., Meng A., O'Donnell C., Lou C., Zhao E., Dankwa B., Hostetler A.L. (2020) Re-Shape: A Method to Teach Data Ethics for Data Science Education. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Honolulu, HI USA, 2020, 25–30 April), Paper no 124. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376251>
- Shutaywi M., Kachouie N.N. (2021) Silhouette Analysis for Performance Evaluation in Machine Learning with Applications to Clustering. *Entropy*, vol. 23, no 6, Article no 759. <https://doi.org/10.3390/e23060759>
- Skulmowski A. (2024) Learning by Doing or Doing Without Learning? The Potentials and Challenges of Activity-Based Learning. *Educational Psychology Review*, vol. 36, February, Article no 28. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09869-y>
- Song I.Y., Zhu Y. (2016) Big Data and Data Science: What Should We Teach? *Expert Systems*, vol. 33, no 4, pp. 364–373. <https://doi.org/10.1111/exsy.12130>
- Sun J., Yang A. (2021) Optimism beyond the Problems: BRICS Higher Education Cooperation from a Chinese Perspective. *Revista Española de Educación Comparada*, no 39, pp. 103–122. <https://doi.org/10.5944/reec.39.2021.29840>
- Terbusheva E. (2021) *Professional Training for Data Analysts: Current Trends, Required Skills and Competences*. Available at: https://ceur-ws.org/Vol-2920/paper_3.pdf (accessed 03.02.2025).
- Tobar F., Bravo-Marquez F., Dunstan J., Fontbona J., Maass A., Remenik D., Silva J.F. (2021) Data Science for Engineers: A Teaching Ecosystem. *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 38, no 3, pp. 144–153. <https://doi.org/10.1109/MSP.2021.3053551>
- Vance E.A. (2021) Using Team-Based Learning to Teach Data Science. *Journal of Statistics and Data Science Education*, vol. 29, no 3, pp. 277–296. <https://doi.org/10.1080/26939169.2021.1971587>
- Vogt J., Voigt T., Nowak A., Pawlowski J.M. (2023) Development of a Job Advertisement Analysis for Assessing Data Science Competencies. *Data Science Journal*, vol. 22, Article no 33. <https://doi.org/10.5334/dsj-2023-033>
- Zakaria M. (2022) Data Science Education Programmes in Middle Eastern Institutions: A Survey Study. *IFLA Journal*, vol. 49, no 1, Article no 0340035222113362. <https://doi.org/10.1177/0340035222113362>
- Zeng T. (2019) A Comparative Study of SCO and BRICS University Unions' Development Models. *Lomonosov Pedagogical Educational Journal*, no 3, pp. 38–51 (In Russian). <https://doi.org/10.51314/2073-2635-2019-3-38-51>

- Zhang Z., Yamamoto T., Nakajima K. (2023) Development of Education Curriculum in the Data Science Area for a Liberal Arts University. *Towards a Collaborative Society Through Creative Learning* (eds T. Keane, C. Lewin, T. Brinda, R. Bottino), Cham: Springer, pp. 349–360. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43393-1_32
- Zins C. (2007) Conceptual Approaches for Defining Data, Information, and Knowledge. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 58, no 4, pp. 479–493. <https://doi.org/10.1002/asi.20508>
- Zvereva E., Belenkova N., Kruse I. (2020) From the Economic Union to the Harmonisation of Higher Education in the BRICS Countries: The Experience of RUDN University. *Space and Culture, India*, vol. 7, no 5, pp. 60–69. <https://doi.org/10.20896/saci.v7i5.671>