

Применение машинного обучения для типологизации финансовых моделей университетов

Научная статья

DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-11-116-135

Ходачек Игорь Александрович – научный сотрудник, Центр перспективных социальных исследований, Институт общественных наук, Researcher ID: Y-3309-2018, ORCID: 0000-0002-0625-5755, khodachek-ia@ranepa.ru

Российская академия народного хозяйства и государственной службы, Москва, Россия
Адрес: 119571, г. Москва, пр-кт Вернадского, д. 82

Минаев Дмитрий Всеволодович – профессор, кафедра менеджмента, Северо-Западный институт управления, ORCID: 0000-0003-3381-2665, minaev-dv@ranepa.ru

Российская академия народного хозяйства и государственной службы, Москва, Россия
Адрес: 119571, г. Москва, пр-кт Вернадского, д. 82

Зинковская Анна Васильевна – аналитик данных, ORCID: 0000-0002-7028-0496, anna.v.petkova@gmail.com

E-Quadrat Science & Education GmbH, Берлин, Германия

Адрес: 10715, г. Берлин, Брухсалер штрассе (Bruchsaler Straße), 4

Яблоков Егор Борисович – генеральный директор, yablokov@e-kvadrat.com

E-Quadrat Science & Education GmbH, Берлин, Германия

Адрес: 10715, г. Берлин, Брухсалер штрассе (Bruchsaler Straße), 4

Аннотация. В данном исследовании рассматривается возможность применения машинного обучения для создания типологии финансовых моделей российских университетов. Крупномасштабные национальные инициативы в области развития человеческого потенциала и академического превосходства, такие как Проект 5-100, программы создания университетских консорциумов и научных центров мирового уровня, а также программа «Приоритет-2030» требуют адекватных инструментов финансового и управленческого учёта, позволяющих проводить анализ эффективности деятельности университетов. Однако, когда традиционные методы финансового анализа и аудита перенимаются из корпоративного сектора, они могут оказаться неуместными для оценки вклада университетов в реализацию государственной научно-технологической политики и достижение национальных целей развития. Существующие же специализированные подходы, например, используемые для оценки влияния университетов Russell Group на социально-экономическое развитие Великобритании, являются дорогостоящими и трудоёмкими, поэтому в данном исследовании продемонстрирована попытка использовать для создания типологизации финансовых моделей университетов многообещающие методы машинного обучения и доступные на момент проведения исследования открытые данные государственных информационных систем.

Ключевые слова: научно-технологическая политика, типологизация университетов, машинное обучение

Для цитирования: Ходачек И.А., Минаев Д.В., Зинковская А.В., Яблоков Е.Б. Применение машинного обучения для типологизации финансовых моделей университетов // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 11. С. 116–135. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-11-116-135

The Application of Machine Learning for Creating a Typology of Universities' Financial Models

Original article

DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-11-116-135

Igor A. Khodachek – Research Fellow, Center for Innovative Social Research, Institute for Social Sciences, Researcher ID: Y-3309-2018, ORCID: 0000-0002-0625-5755, khodachek-ia@ranepa.ru
Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russian Federation

Address: 82, Vernadskogo ave., 119571, Moscow, Russian Federation

Dmitry V. Minaev – Professor, Department of Management, North-West Institute of Management Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-3381-2665, minaev-dv@ranepa.ru

Address: 82, Vernadskogo ave., 119571, Moscow, Russian Federation

Anna V. Zinkovskaya – Data Analyst, E-Quadrat Science & Education GmbH, Berlin, Germany, ORCID: 0000-0002-7028-0496, anna.v.petkova@gmail.com

Address: 4, Bruchsaler Straße, Berlin, 10715, Germany

Egor B. Yablokov – CEO, yablokov@e-kvadrat.com

E-Quadrat Science & Education GmbH, Berlin, Germany

Address: 4, Bruchsaler Straße, Berlin, 10715, Germany

Abstract. This study presents an application of machine learning for creating a typology of Russian universities' financial models. Large-scale national initiatives aimed at enhancing human potential and academic excellence, such as Project 5-100, university-industry consortia, world class research center programs as well as the Priority-2030 program, require relevant financial and management accounting tools enabling appropriate analyses of universities' contribution to national scientific policy implementation. However, when conventional financial analysis and audit techniques are adopted from the corporate sector, they may prove to be irrelevant for assessing the societal impacts of universities. Existing impact study methods, such as those applied in the Russell Group universities' impact assessment, are expensive and time consuming, so promising machine learning techniques and existing open data from government information systems were used in this study to assess universities' financial models.

Key words: science and technology policy, typology of universities, machine learning

Cite as: Khodachek, I.A., Minaev, D.V., Zinkovskaya, A.V., Yablokov, E.B. (2023). The Application of Machine Learning for Creating a Typology of Universities' Financial Models. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 32, no. 11, pp. 116-135, doi: 10.31992/0869-3617-2023-32-11-116-135 (In Russ., abstract in Eng.).

Введение

Уже к середине 2010-х годов становится очевидно, что российская экономика практически исчерпала возможности развития в рамках восстановительной модели, опирающейся на расширение потребительского спроса и дозагрузку производственных мощностей после глобального финансового кризиса 2008 года в сочетании с ростом цен на ключевые продукты российского экспорта – энергоресурсы [1]. С другой стороны, фундаментальные изменения глобальных энергетических рынков, характеризующиеся как энергопереход, игнорировавшиеся российской системой государственного управления вплоть до начала 2020-х годов [2], создают критические угрозы для устойчивого социально-экономического развития страны [3]. Таким образом, ключевым приоритетом государственной политики становится формирование новой устойчивой модели социально-экономического развития, основанной на достижениях российского сектора науки и технологий.

Следуя данному приоритету, государством разрабатываются конкретные шаги по опережающему развитию организаций науки и высшего образования, направленные на расширенное воспроизводство человеческого капитала. Так, создание возможностей для самореализации и развития талантов определено в качестве одной из пяти национальных целей развития РФ на период до 2030 года (Указ Президента РФ от 21.07.2020 № 474). В рамках реализации национальных проектов, направленных на достижение целей Указа, запущена программа «Приоритет-2030», призванная обеспечить финансирование долгосрочных программ развития российских университетов в 2021–2030 годах (Распоряжение Правительства РФ от 31.12.2020 № 3697-р). Наиболее актуальные вызовы, связанные с особенностями развития сферы науки и технологий также нашли своё отражение в Концепции технологического развития России до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ от 20.05.2023 № 1315-р).

При разработке и реализации мер государственной научно-технологической политики экспертам и практикам-управленцам приходится сталкиваться с несовершенством системы информационно-методологического обеспечения принимаемых решений, в том числе – существующих систем показателей эффективности. В то же время развитие, основанное на достижениях национального сектора науки и технологий, требует актуальной и эффективной системы мониторинга деятельности составляющих его организаций. Применяемые в России на сегодняшний день механизмы оценки результативности и эффективности организаций сферы науки и высшего образования до сих пор предполагают значительные объёмы ручного труда, связанного с многократным переносом одних и тех же данных из одних источников в другие с постепенной агрегацией данных и потерей возможности установить истинное значение исходных параметров. Кроме того, такая оценка проводится в большей степени с позиций учёта формальных количественных значений внутренних параметров, нежели с позиций оценки их влияния на научно-технологическое и социально-экономическое развитие страны.

Сказанное выше определяет актуальность развития новых подходов, методологий и инструментария оценки для формирования эффективных алгоритмов стратегического аудита университетов и всей системы высшего образования. Современный этап развития информационных технологий открывает совершенно новые возможности в части обработки разнотипной и слабоструктурированной информации. Именно на изучение и апробацию возможностей такого рода инструментария, а именно – применения машинного обучения для построения типологизации финансовых моделей университетов и направлена данная работа, основы которой были заложены в рамках участия коллектива авторов в конкурсе Счётной палаты РФ *Data Contest*.

Если говорить о структуре данной статьи, следующие два раздела анализируют суще-

ствующие исследования, рассматривающие концептуальные и организационно-административные аспекты государственной научно-технологической политики: проблему дифференциации мер государственной поддержки российских вузов, а также существующие механизмы и подходы к оценке вклада университетов в национальное социально-экономическое развитие. Затем следует раздел с описанием методологии и методов анализа, предлагающий базовую модель оценки вклада университетов в достижение национальных целей развития, послужившую основой для формирования аналитического инструментария исследования. Далее представлены ключевые результаты анализа и заключение с предложением возможных направлений развития инструментария, основанного на применении технологии машинного обучения для решения актуальных задач государственной научно-технологической политики.

О некоторых проблемах типологизации университетов для целей государственной научно-технологической политики

Флагманской инициативой государства в области научно-технологической политики в России с 2021 года является программа «Приоритет-2030». Следуя в фарватере наиболее успешных национальных инициатив академического превосходства, реализованных в Китае, Южной Корее, Германии и Франции, программа задаёт в качестве целевой модель исследовательского университета, которая является наиболее перспективной для обеспечения потребностей национальной экономики в кадрах высокой квалификации, новом научном знании, технологиях и инновациях, необходимых для ускорения темпов научно-технологического и социально-экономического развития [4]. Однако как за рубежом, так и в России национальные инициативы академического превосходства, ориентированные на поддержку наиболее конкурентоспособных вузов, такие как программа «Приоритет-2030» и

предшествующий ей Проект 5-100 подвергаются критике, причём не только за недостаточную эффективность или непрозрачность системы распределения финансирования [5], но и за их непосредственные эффекты, связанные с де-факто легитимацией разделения популяции университетов на «элиту» и «всех остальных» [6].

Решая необходимую для достижения опережающего развития задачу концентрации человеческого капитала в наиболее сильных университетах, инициативы академического превосходства могут усугубить известный в наукометрии «эффект Матфея» в институциональном масштабе, а не способствовать его преодолению [7–10]. Такого рода противоречие между опережающим развитием (превосходством, *excellence*) и социальной справедливостью, однако, не является уникальным и известно, например, в общественной (гуманитарной) географии как одна из важных особенностей формирования и реализации государственной региональной политики, где обе управленческие задачи имеют равную значимость и требуют, по меньшей мере, соблюдения общего баланса интересов [11]. Таким образом, несмотря на расширение числа участников программы «Приоритет-2030» по сравнению с Проектом 5-100 с 21 до 123 вузов, проблема неопределённости статуса, а значит – и будущего остальных 1085 образовательных организаций высшего образования и их филиалов по-прежнему актуальна, в той же степени, в которой актуальна и задача оценки дифференцированного вклада всей системы высшего образования в достижение национальных целей развития.

Одним из механизмов решения упомянутой выше задачи обеспечения социальной справедливости может быть дифференциация мер поддержки университетов. В российских и зарубежных исследованиях, объектом которых являются научные и образовательные организации, в последнее время наметился качественный переход от изучения отдельных кейсов и применения к ним идеальных «ролевых моделей» из арсенала

психологии, педагогики и теории управления к институциональным подходам, основанным на достижениях теории организации, таким как популяционная экология [12]. Преимуществом такого рода подходов для прикладных задач государственной научно-технологической политики является возможность рассмотрения всей популяции организаций сектора науки и высшего образования в целом, и впоследствии – формирования типологизации университетов для дифференциации мер государственной поддержки университетов.

Стоит отметить, что проблеме типологизации вузов, которая непосредственно затрагивает интересы профессорско-преподавательского состава, посвящено достаточно большое число исследований. Среди них, прежде всего, следует отметить работу Михаила Соколова [13], предлагающую краткий обзор выполненных ранее типологизаций [14–16], в основном сфокусированных на университетских стратегиях, предполагающих принципиальную возможность выбора траектории развития вуза. Постулируя, что развитие университета определяется не столько выбранной стратегией, сколько его генетическими характеристиками (или «родословной», обобщённо – это вид собственности, местоположение и профиль), и формулируя гипотезу, согласно которой вуз предпочитает развиваться в максимально возможном числе направлений сразу, Соколов предлагает рассматривать в качестве принципиальной основы для типологизации университетов типологизацию барьеров, ограничивающих их развитие. На основании этого в работе предлагается набор ключевых переменных, которые необходимо учитывать при составлении типологизаций университетов в дальнейшем: общий статус (государственный/негосударственный, основной/филиал); для государственных – принадлежность к одному из «семейств» (университеты, технические вузы, социально-экономические и правовые вузы и т. д.); и «центральность» расположения (столица,

крупный город федерального значения, региональная столица и т. д.). Типологизация, предложенная Михаилом Соколовым легла в основу анализа, выполненного коллективом ЦИАНО [17] и вдохновившего авторов настоящей работы.

О существующих подходах к стратегическому аудиту и оценке эффективности университетов

Оценка вклада университетов в социально-экономическое развитие также является актуальной исследовательской задачей, имеющей важное прикладное значение. Обсуждению возможных решений данной задачи, а также проблемам, возникающим при применении количественных показателей при оценке творческой деятельности, к которым относятся высшее образование и наука за последние 5 лет, были посвящены несколько специальных выпусков ведущих журналов, таких как *Accounting, Auditing & Accountability Journal, Journal of Public Budgeting, Accounting & Financial Management, Valuation Studies* и др. Взаимосвязи практики стратегического аудита университетов и системы высшего образования с точки зрения формирования аналитической методологии достаточно обширны. Здесь исходно необходимо определить значительный объём существующих подходов и моделей. Начиная со структурно-функциональных моделей самих вузов, которые в финансово-экономическом разрезе выливаются в соответствующие финансово-хозяйственные модели, и заканчивая квалиметрическими и эконометрическими моделями влияния вузов на различные стороны жизни общества в целом: через оценку экономических, демографических и прочих эффектов.

Отметим, что финансово-экономический аспект изучался многими исследователями. Основным инструментом в данном случае служит финансовый анализ, при помощи которого проводится расчёт различных финансовых показателей в увязке с той или иной моделью бизнес-процессов

вуза. Набор показателей хорошо отрабoтан: расходы, выручка, прибыль, постоянные и переменные издержки, оборотные и внеоборотные активы, основные средства, запасы, дебиторская задолженность и т. п. На вершине такой оценки как правило фигурируют различные интегральные коэффициенты и индикаторы: оборачиваемость активов, рентабельность капитала (*ROE, return on equity*), экономическая добавленная стоимость (*EVA, economic value added*) и другие. Финансовый анализ даёт возможность оценить имущественное состояние предприятия, достаточность капитала для текущей деятельности и долгосрочных инвестиций, потребность в дополнительных источниках финансирования, обоснованность политики распределения доходов, степень риска.

В качестве типичного исследования такого рода упомянем, например, работу Н.Р. Кельчевской, М.В. Павловой [18]. Авторы предлагают использовать для специфических условий деятельности образовательной организации некоторую модификацию стандартной методики финансового анализа, которая обычно применяется для коммерческих предприятий. А.М. Гринь и А.С. Байтов акцентируют внимание на обсуждении модели финансовой устойчивости [19]. Они рассматривают в качестве ключевого индикатора эффективности деятельности вуза превышения доходов над расходами. В работе Е. Чечик [17] также анализируется соотношение средств, которые вузы зарабатывают сами, и средств, выделенных из бюджетов всех уровней; автор строит статистические распределения расходов в разрезе вузов, отраслей и регионов. Н.Г. Гаджиев [20] предлагает некоторые конкретные решения по организации аналитической деятельности, связанной с оценкой качества планирования финансово-хозяйственной деятельности и

касающиеся организации финансового менеджмента вуза. Российских исследований такого рода достаточно много.

Можно обнаружить и схожие публикации зарубежных исследователей. Так, например, Г. Бунсис¹ представляет сравнительную статистическую картину финансового состояния системы Университета штата Иллинойс. Он отмечает, что начиная с 2002 года, в соответствии с требованиями GASB 34, которые были утверждены правительственным Советом по стандартам бухгалтерского учёта США (*Governmental Accounting Standards Board*), некоммерческие организации, в том числе и университеты, должны вести финансовую отчётность, аналогичную той, что существует в коммерческом мире. Однако общим недостатком финансово-экономической парадигмы анализа в целом является то, что она не учитывает значительную долю эффектов, важных для социально-экономического развития.

На рубеже 2000-х наметилась тенденция включения в состав показателей, рассматриваемых для стратегического планирования вузов, нефинансовых показателей. Уже в ранних исследованиях, по-прежнему проводившихся в парадигме создания предпринимательских университетов, можно обнаружить такие аллюзии. В частности, Б. Кларк [21] отмечает, что финансовая база университетов постепенно становится всё более разнообразной и «идея» института должна вырастать в совокупность устойчивых представлений, образующих новую культуру. Университеты должны давать более адекватный ответ на изменения, происходящие во внешних мирах – в правительстве, бизнесе и общественной жизни. Развитие этого подхода можно обнаружить и в более поздних публикациях. В качестве достаточно характерного исследования следует упомянуть два отчёта о воздействии на

¹ *Bunsis H.* Analysis of the Financial Condition of the University of Illinois System/Eastern Michigan University, January, 2010. URL: <https://www.aaup.org/NR/rdonlyres/8FF9B3F8-65F5-41C0-8BA2-837BE-A849E33/0/BunsisanalysisUIC.pdf> (дата обращения 27.06.2023).

экономику Великобритании университетов Russell Group². Представленный в этих отчётах анализ также оперирует финансово-экономическими показателями, но их оценка касается не только внутренних параметров университета, но и внешних эффектов. В частности, анализ вводит в набор оцениваемых параметров такие результаты деятельности вузов как расширение занятости населения, преимущества заработка, возникающие у выпускников в связи с полученным образованием, а также генерацию дополнительных налоговых поступлений для государства. В части экономического эффекта от научно-исследовательской деятельности университетов предлагается учитывать как прямую экономическую ценность, так и ценность, связанную с побочными эффектами повышения производительности. В исследовании 2017 года авторы отчёта идут ещё дальше. Они пытаются ввести в аналитику широкий спектр общественных эффектов, включая экономическое влияние, влияние на политику, общественное влияние, влияние на здоровье, культурное воздействие, воздействие на окружающую среду, технологическое воздействие, юридическое воздействие, глобальное воздействие. Например, влияние на политику рассматривается через воздействие результатов научной и учебной деятельности университетов на степень информированности и улучшение принятия решений бизнесом, государственными и общественными органами. Другой, более конкретный пример технологического влияния, который приводится в отчёте, – это метод секвенирования генома, разработанный на основе исследований Фредерика Сенгера в

Кембриджском университете. Поступления, связанные с реализацией прав на интеллектуальную собственность сегодня генерируют порядка 750 млн фунтов стерлингов в год, что, в сопоставлении с первоначальным финансированием исследования в объёме 274 196 фунтов приносит 2735 фунтов дохода на каждый вложенный фунт, даже если оставить за скобками более широкие социальные и экономические выгоды.

Другой аспект формирования подходов к стратегическому аудиту университетов связан с использованием современных средств машинного обучения. Во всех ранее упомянутых исследованиях использованы «классические» методы анализа данных, развёртываемые на заранее сформированных моделях изучаемых объектов. Однако сейчас стал доступен целый ряд новых инструментов из арсенала науки о данных (data science), позволяющих находить более глубокие закономерности. Причём во многих случаях апостериорным путём, опираясь на достаточно слабые исходные гипотезы. Это позволяет исследовать изучаемые явления более полно и под другими углами зрения. Возможности применения цифровых решений для финансового анализа и аудита широко обсуждаются в исследовательских и профессиональных публикациях. Машинное обучение, как технология, входящая в кластер решений, объединённых общим термином «искусственный интеллект» (ИИ), позволяет оперативно анализировать большие массивы данных, выявляя закономерности и общие признаки наблюдаемых объектов, не заданные заранее в исходных условиях применения алгоритма, который «учится» в процессе анализа данных³.

² Engines of Growth. (2015). The impact of research at Russell Group universities. Russell Group Impact Series – Part 3. URL: <https://russellgroup.ac.uk/policy/publications/engines-of-growth-the-impact-of-research-at-russell-group-universities/> (дата обращения 27.06.2023); The Economic Impact of Russell Group Universities. (2017). Final Report for the Russell Group. Somerset House, New Wing, Strand, London, WC2R 1LA, United Kingdom. URL: <https://russellgroup.ac.uk/news/economic-impact-of-russell-group-universities/> (дата обращения 27.06.2023).

³ Vaidyanathan N. (2020). Machine learning: More science than fiction. Association of Chartered Certified Accountants report. URL: <https://www.accaglobal.com/gb/en/professional-insights/technology/machine-learning.html> (дата обращения 27.06.2023).

Первые упоминания термина «искусственный интеллект» относятся к середине 1950-х годов, когда были разработаны теоретические основы применения алгоритмов для решения прикладных задач, таких как адресные рекомендации покупателям торговых сетей на основе «дерева решений». Однако эти теории существенно опередили своё время, поскольку развитие вычислительных мощностей не успевало за ними. Общее снижение энтузиазма как теоретиков, так и практиков в отношении ИИ во второй половине XX века получило известность как «зима ИИ» [22], когда успехи в развитии машинного «мышления» ограничивались решением специализированных, хорошо поддающихся логическому анализу и алгоритмизированию задач, таких как шахматы. Моделировать естественное движение и другие процессы, характерные для живых организмов, и тем более человеческое мышление оказалось значительно сложнее. Данная проблема известна как «парадокс Моравца» [23]. Новый всплеск интереса к ИИ, начавшийся в 2010-х и стремительно усилившийся в начале 2020-х годов, связан с накопленным эффектом долгосрочного инвестирования в вычислительные мощности со стороны крупных ИТ-корпораций, таких как *Google*, *Microsoft*, *IBM*, *Amazon*, *Facebook*, а также их китайских конкурентов *Tencent* и *Alibaba group*. Движимые в основном развитием коммерческих продуктов (онлайн-игры) или механизмов монетизации некоммерческих (социальные сети), глобальные процессы цифровизации экономики создали массовый спрос на развитие электронно-компонентной базы и инновации в области архитектуры информационных систем. Риски и возможные негативные последствия формирующегося прорыва в области ИИ, в том числе создания сверхинтеллекта, превосходящего человеческие возможности, системно описал в своей работе Ник Бостром [22].

За достаточно короткий промежуток времени применение машинного обучения распространилось далеко за пределы исходного домена, связанного с онлайн-торговлей. Помимо отмеченных в специальном докладе *Association of Chartered Certified Accountants* возможностей ИИ, связанных с оказанием технической помощи корпоративным специалистам в области финансового учёта, машинное обучение широко применяется для борьбы с мошенничеством и отмыванием денег [24], предсказания прибыльности компаний, привлекающих инвестиции [25], рейтингования кредитоспособности потенциальных заёмщиков [26], а также для управленческого учёта [27], непосредственно для проведения аудита⁴. Потенциал применения ИИ для анализа организаций сферы науки и высшего образования также раскрыт в ряде работ. В качестве примера исследования, в целом следующего обычной финансово-экономической парадигме, но использующего для обработки данных методы машинного обучения, упомянем работы Александры Терлыги с соавторами [28; 29]. В них исследователи используют для классификации университетов по структуре доходов ряд методов машинного обучения: метод иерархической агломеративной кластеризации Уорда, метод k-средних и самоорганизующуюся карту (*SOM*, *self-organizing map*).

Методология и методы

Наше исследование задумывалось как попытка совместить две обозначенных ранее тенденции в развитии аналитического инструментария для оценки эффективности деятельности вузов: более широкий учёт внешних эффектов и задействование современных методов работы с данными. Исходная цель, в своём максимальном виде, виделась как реализация оценки вклада российских

⁴ Hoogduin L.A. (2023). Using Machine Learning in a Financial Statement Audit. URL: <https://www.compact.nl/en/articles/using-machine-learning-in-a-financial-statement-audit/> (дата обращения 27.06.2023).

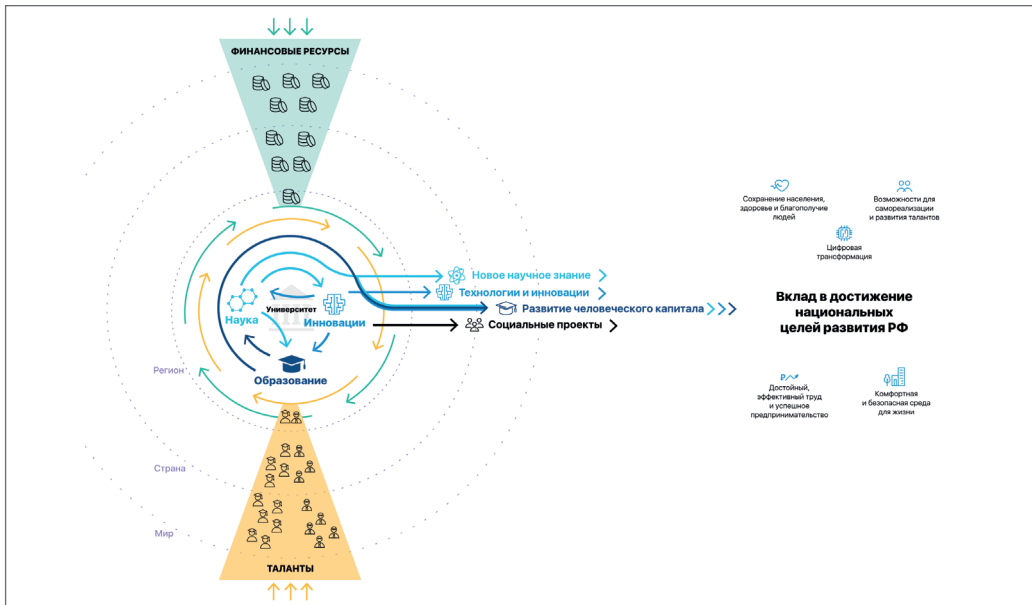


Рис. 1. Базовая аналитическая модель исследования
 Pic. 1 Fundamental analytical model of the study

университетов в развитие национальной экономики по аналогии с моделью оценки влияния университетов *Russell Group*. При этом было использовано допущение о том, что основными измеримыми эффектами от работы университетов являются приращение качества человеческого капитала (результат образовательной деятельности), результаты научно-исследовательской и инновационной деятельности. Это вполне укладывается в парадигму моделей университета, известных как «образовательный университет» (т. н. «университет 1.0»), «исследовательский университет» (т. н. «университет 2.0») и «предпринимательский университет» (т. н. «университет 3.0») [4]. Поскольку образовательная деятельность есть в университете всегда, то, исходя из упомянутых выше моделей, мы можем говорить о том, что чем выше доля доходов от исследований и разработок, а также инноваций, тем больший социально-экономический эффект создаёт университет. Кроме того, такой университет является и финансово более устойчивым за счёт диверсификации источников доходов.

Финансово-экономические индикаторы как раз и позволяют количественно оценить, к какой модели университета (1.0, 2.0 или 3.0) в большей степени тяготеет конкретная организация.

Далее, данная логика должна быть дополнена оценкой вклада университетов в достижение национальных целей развития России до 2030 года и целей устойчивого развития ООН (рис. 1).

Однако на стадии постановки задачи и разработки методики выяснилось, что имеющиеся доступные источники данных не содержат в полном объёме требуемую информацию. Поэтому цели конечных оценок были редуцированы до тех, которые принципиально были обеспечены логически связанными с ними первичными данными при сохранении общей концепции исследования.

Организационно процедура анализа имела обычный вид: 1) сбор, нормализация, проверка целостности данных, восстановление пробелов (результаты: массив данных); 2) обработка данных с целью извлечения первичных эмпирических закономерностей

(результаты: характерные признаки и закономерности в данных, исходные гипотезы); 3) анализ, типологизация и моделирование, верификация и интерпретация моделей, сопоставление с международным опытом (результаты: аналитические модели, классификаторы, сравнительная таблица).

Первый этап предусматривал сбор максимально доступного цифрового контента по финансово-хозяйственной деятельности вузов и её внешним социально-экономическим эффектам.

В целом в поле внимания находились следующие источники данных:

- статистическая отчётность вузов – Формы ВПО-1, ВПО-2;
- отчёт о самообследовании;
- план финансово-хозяйственной деятельности + отчёты по ПФХД;
- отчёт ректора;
- рейтинги, индексы известности, сведений о трудоустройстве выпускников и т. п.

Несмотря на общий апостериорный подход, на этом этапе всё равно использовались начальные слабые априорные предположения о причинно-следственных связях конечных оценок и имеющихся первичных показателей. Состав параметров конечных оценок концептуально задавался выбранными эталонными моделями (*Russell Group*, национальные цели развития до 2030 года и цели устойчивого развития ООН). Кроме собственно показателей финансово-хозяйственной деятельности, в качестве полезной информации могут рассматриваться внешние данные и оценки типа рейтингов, индексов известности, сведений о трудоустройстве выпускников и т. п. В качестве основных источников данных использовались открытые государственные информационные системы.

На втором этапе был произведён отбор признаков с помощью экспертных оценок и статистических процедур (визуализации данных, корреляционных матриц и т. д), после чего признаки были стандартизированы, и на их основе обрабатывался сформированный датасет. Были построены кластер-

ные модели следующими методами: методом k -средних; с помощью EM-алгоритма (*Expectation-Maximization*); методом агломеративной иерархической кластеризации с применением различных метрик и параметров настройки; классифицирующими процедурами из арсенала классической статистики, машинного обучения и Data Mining. Кластеризация проводилась на полных данных, никакие пропуски не восстанавливались; качество моделирования оценивалось путём анализа силуэта.

Результат – закономерности и артефакты данных, которые затем на третьем этапе были подвергнуты содержательной интерпретации на базе известных финансово-хозяйственных и других моделей вузов. В качестве таковых, помимо упомянутых в обзоре типологизаций вузов, предлагаемых российскими исследователями, рассматривались модели финансовой устойчивости предприятия, методики оценки стратегических рисков университетов (типа методики, используемой *NACUBO, National Association of College and University Business Officers*), методика оценки экономического вклада *Russell Group* и другие. Реализация этого подхода предусматривала адаптацию имеющегося массива данных к структуре соответствующих моделей и затем расчёт параметров по этим моделям.

Следует отметить, что здесь предполагалось решить и обратную задачу: выявленные структурные закономерности должны были быть соотнесены со структурными особенностями априорных моделей с целью построения на их основе новых моделей систематизации. Выявленные закономерности могли быть использованы для построения экспериментальных вариантов типологий, которые позволяли бы формулировать гипотезы, способные указать путь осмысленного расширения или обоснованной редукции массива исходных данных. К выявленным наборам классов вузов далее предполагалось применить дальнейшие классифицирующие процедуры для построения мета-классификации. Такие результаты позволили

Признаки у Terlyga and Balk (2017)	Аналог в отчёте ПФХД	Аналог по Мониторингу	Используется у Чекки
1 Net student income	Собственные доходы учреждения	55 Доля внебюджетных средств в доходах от образовательной деятельности	Да, входит в 90%
2 Continuing education and executive programs	Собственные доходы учреждения	Нет	Да, входит в 90%
3 Federal grants	Субсидия на выполнение госзадания + Бюджетные инвестиции + Субсидии на иные цели	Нет	Нет, бюджет
4 State, Local grants	Собственные доходы учреждения	52 Доля доходов вуза из бюджета субъекта РФ и местного бюджета	Нет, бюджет
5 Private grants	Собственные доходы учреждения	Нет	Нет, входит в 10%
6 Recovery of indirect costs and allowances	Собственные доходы учреждения	Нет	Нет, входит в 10%
7 Research revenues	Собственные доходы учреждения	2.10 Доходы от НИОКР (за исключением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации, государственных фондов поддержки науки) в расчете на одного НРП	Да, входит в 90%
8 Special laboratories revenue	Собственные доходы учреждения	Нет	Да, входит в 90%
9 Auxiliary enterprises	Собственные доходы учреждения	Нет	Нет, входит в 10%
10 Contributions and gifts	Собственные доходы учреждения	Нет	Нет, входит в 10%
11 Endowment returns made available for operations	Собственные доходы учреждения	Нет	Нет, входит в 10%
12 General Operation Activities (GOA) returns made available for operations	Собственные доходы учреждения	Нет	Нет, входит в 10%
13 Other investment income	Собственные доходы учреждения	Нет	Нет, входит в 10%
14 Other incomes	Собственные доходы учреждения	Нет	Нет, входит в 10%

Рис. 2. Пример разницы в детализациях отчётности образовательных организаций в разных отчётных режимах (США и РФ)

Pic. 2. An example of the difference in the level of detail in the reporting of educational institutions in different reporting regimes (the US and Russia)

бы определить университеты, обладающие наибольшей конкурентоспособностью и максимальным потенциалом для достижения национальных целей развития России на период до 2030 года, а также университеты с потенциалом оптимизации.

В качестве конкретных программ и технологий использовались следующие инструменты: *Statistica (StatSoft)*; *Postgre SQL*; *Python 3 (TensorFlow, SciKitLearn, Seaborn и др.)*.

Основные результаты

Описанная общая методология исследования была реализована не в полном объёме, так как пришлось прибегать к упрощению некоторых моделей, сохраняя, однако, общую идею обработки. В некоторых ситуациях использовалась экспертная интерпретация, опирающаяся не на развёрнутые модели, типа Russell Group, а на их концептуальные основы. В частности, в качестве целевых категорий общественного эффекта, относительно которых оценивались результаты деятельности вузов, были выбраны:

- развитие человеческого капитала;
- вклад в формирование нового научного знания;
- инновационное развитие.

С другой стороны, специфика источников данных потребовала решения ряда вспомогательных задач типа формирования аббревиатур вузов, использованных для кодирования и идентификации записей базы данных. Были разработаны скрипты по автоматизированному извлечению информации из основного источника данных bus.gov.ru через API и системы мониторинга вузов. При этом отдельную проблему представляла синхронизация и соотнесение информации из этих источников. На рисунке 2 представлен фрагмент сопоставления показателей консолидированной отчётности университетов США и возможных аналогов в отчётности об исполнении ПФХД и отчётности по Мониторингу эффективности вузов РФ (формы статистической отчётности ВПО-1, ВПО-2).

Попутно можно отметить достаточно низкое качество этой информации: во многих случаях отсутствие и некорректность элементов данных. Из-за технических сбоев сайта bus.gov.ru и низкого качества данных работа с этим источником данных в рамках проекта была признана неперспективной. Данные Мониторинга были извлечены за 2019 год и содержали сведения о 1267 вузах и филиалах по 126 показателям.

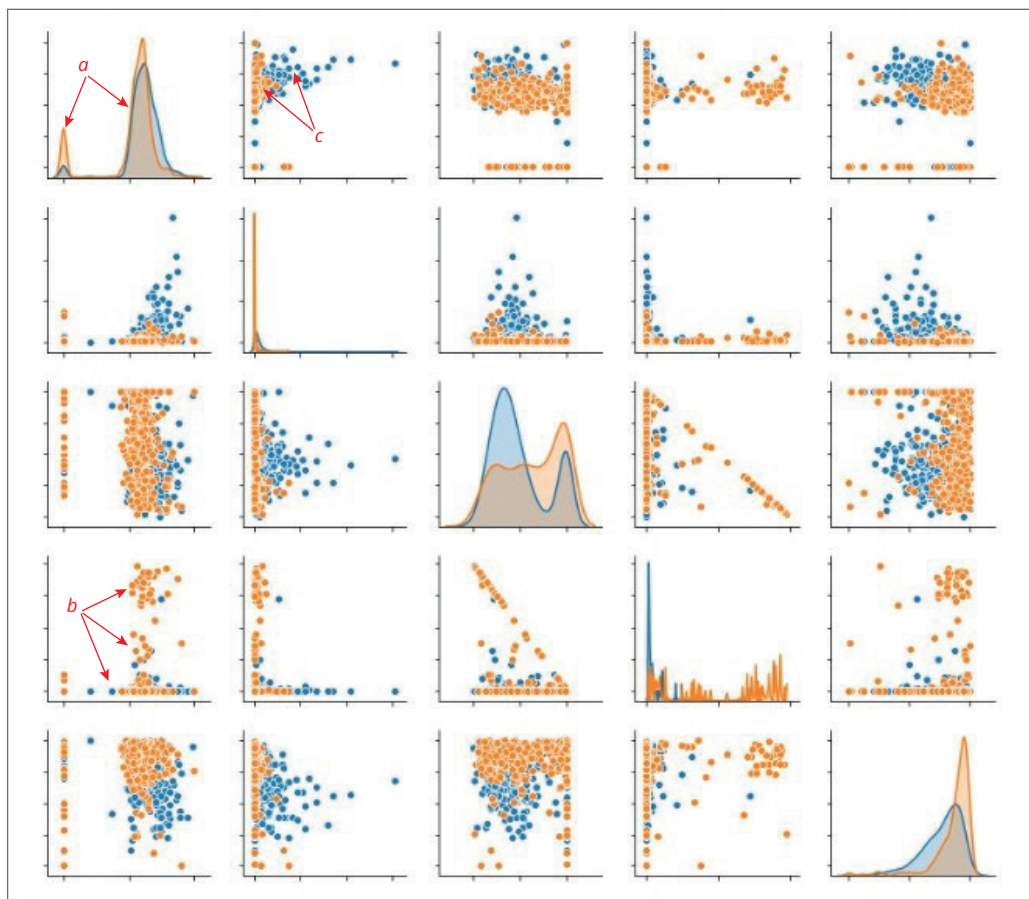


Рис. 3. Распределение исходных показателей отчётности образовательных организаций
 Pic. 3. The distribution of initial reporting indicators for educational institutions

Первичный анализ показателей статистической отчётности вузов из форм ВПО-1, ВПО-2; планов и отчётов финансово-хозяйственной деятельности (ФХД), с одной стороны, показал значительную их избыточность. Она связана с многочисленным использованием одних и тех же сведений в формировании разных удельных показателей. С другой стороны, далеко не все целевые категории общественного эффекта нашли свою репрезентацию в имеющихся показателях этих источников данных. Упрощённо, была сформирована базовая параметрическая модель университета с точки зрения его вклада в достижение национальных целей развития РФ до 2030 года. Критериями отбора признаков

послужили: значимость для достижения национальных целей; соответствие задачам типологизации; интерпретируемость; значительная дисперсия (была оценена после первичной статистической обработки). Были выделены четыре категории модельных показателей, важных для достижения национальных целей: Таланты, Ресурсы, Наука, Образование. В итоге из исходного массива данных для проведения сфокусированного (модельного) анализа были отобраны данные о 977 вузах и филиалах по 25 признакам. Одним из ключевых критериев отбора вузов стала полнота данных.

Первичный анализ диаграмм рассеяния показателей образовательных организаций

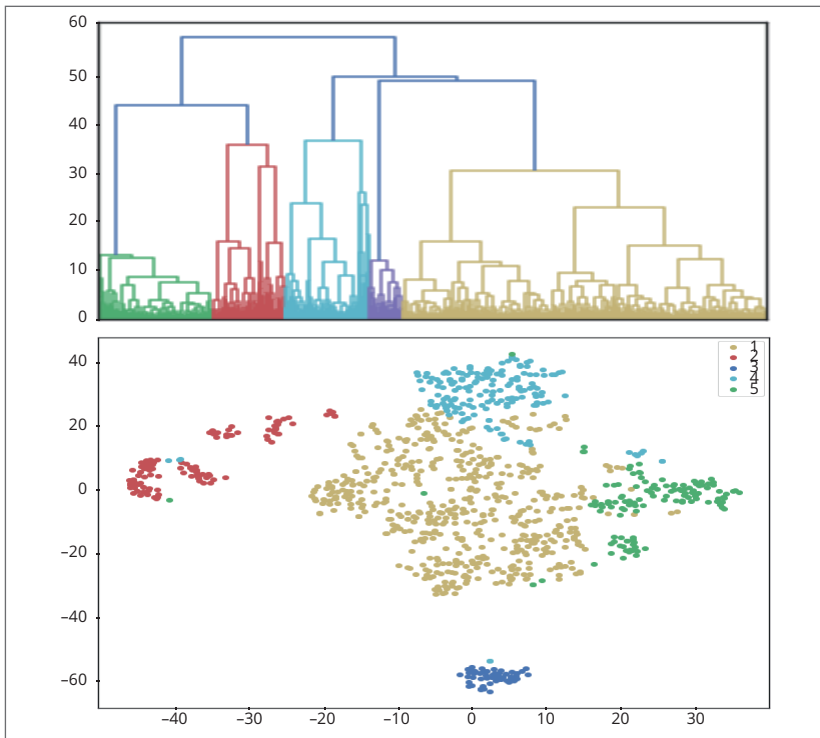


Рис. 4. Результат кластеризации вузов

Pic. 4. University clustering output

(рис. 3) продемонстрировал принципиальное наличие характерных особенностей их распределения. Например, в распределениях вузов относительно некоторых пар показателей наблюдается явное разделение на классы (иллюстрация: ситуации а, б, с на рисунке 3).

После предварительного статистического анализа из всего многообразия имеющихся показателей были отобраны 13 признаков, содержательно отражающих рамку национальных целей развития России до 2030 года, которые одновременно отвечали условию максимальной дифференциации вузов.

Кластеризация вузов была реализована с различными параметрами и метриками с помощью нескольких алгоритмов: агломеративного иерархического, k -средних и EM. Наилучший результат с точки зрения анализа силуэта и интерпретируемости полученных кластеров обеспечила агломератив-

ная иерархическая кластеризация методом Варда с использованием метрики Евклидова расстояния. На рисунке 4 слева показана соответствующая дендрограмма вузов (кластеры выделены цветом); справа найденные кластеры отображаются на двумерной диаграмме рассеяния с поворотом, оптимизированным методом снижения размерности t-SNE для просмотра как можно большего количества различных кластеров в многомерном пространстве показателей. Кластеры вузов представлены облаками точек (также выделены цветом).

Соответствующие параметрические профили вузов, относимых к тому или иному кластеру, представлены на рисунке 5.

Полученные результаты были подвергнуты содержательной интерпретации в соответствии с выбранной стратегией системного анализа по отношению к конечным общественно полезным эффектам. Выявленная

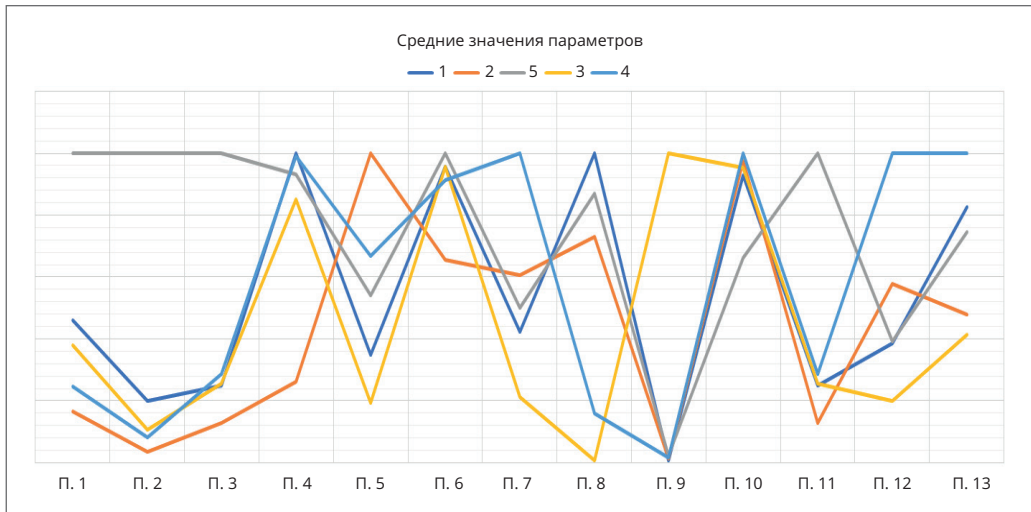


Рис. 5. Параметрические профили кластеров образовательных организаций
 Pic. 5. Parametric profiles of educational institution clusters

содержательная типологизация образовательных организаций выглядит следующим образом. Имеются университеты, которые можно обозначить как (рис. 6; N – количество таких организаций в кластере):

- «крепкие бюджетные» ($N=531$) – активно привлекают внебюджетные средства, ведут НИОКР, привлекательны для абитуриентов, уверенно публикуются;

- «коммерческие» ($N=168$) – около 90% дохода составляют внебюджетные средства, мало публикуются, обладают средней привлекательностью для абитуриентов;

- «сугубо образовательные» ($N=106$) – очень мало публикуются, почти отсутствует НИР, около половины доходов получают за счёт внебюджетных средств; большинство – вузы, осуществляющие подготовку в сфере искусств; попавшие в этот кластер технические и иные наукоёмкие вузы могут быть рассмотрены на предмет оптимизации;

- «крепкие муниципальные» ($N=49$) – преобладает финансирование за счёт местного и/или регионального бюджета;

- «исследовательские бюджетные» ($N=123$) – в среднем половина дохода из внебюджетных источников, значитель-

ное количество публикаций, большой вес НИОКР в общем объёме доходов вуза, привлекательны для абитуриентов, потенциально способны внести наиболее существенный вклад в достижение национальных целей.

Заключение

Прежде всего, выполненная в рамках исследования работа позволила установить, что информация о деятельности российских образовательных организаций, представленная в открытом доступе в государственных информационных системах по состоянию на 2021 год, не позволяет в полной мере создать обоснованную оценку вклада университетов в достижение национальных целей и обеспечить решение задачи международного сопоставления университетов. Значения одних и тех же параметров представлены в разном виде в разных государственных информационных системах и могут существенно отличаться. Следовательно, качество представления и содержания открытых данных в государственных информационных системах требует дальнейшего совершенствования.

В то же время на основе части источников данных имеется возможность провести

Параметры	1	2	3	4	5	Стат. Знач.
	N = 531	N = 106	N = 49	N = 168	N = 123	
П.1 Удельный вес численности обучающихся (приведенного контингента) по программам магистратуры, аспирантуры (адъюнктуры), ординатуры, ассистентуре-стажировки	0.46	0.16	0.38	3.25	1.00	p<0,05
П.2 Число публикаций организации, индексируемых в Web of Science, в расчете на 100 НПР	0.20	0.03	0.11	3.08	1.00	p<0,05
П.3 Удельный вес доходов от НИОКР в общих доходах организации, %	0.25	0.13	0.25	3.29	1.00	p<0,05
П.4 Удельный вес НИОКР, выполненных собственными силами (без привлечения соисполнителей), в общих доходах организации от НИОКР, %	1.00	0.26	0.85	3.99	0.93	p<0,05
П.5 Доходы от приносящей доход деятельности в расчете на одного НПР, тыс.руб	0.35	1.00	0.19	3.67	0.54	p<0,05
П.6 Средний балл ЕГЭ студентов, принятых на обучение по программам бакалавриата и специалитета, по всем формам обучения	0.96	0.65	0.96	0.91	1.00	p<0,05
П.7 Доля доходов из ВБ источников, %	0.42	0.61	0.21	1.00	0.50	p<0,05
П.8 Доля доходов из ФБ, %	1.00	0.73	0.01	0.16	0.87	p<0,05
П.9 Доля доходов из МРБ, %	0.01	0.01	1.00	3.02	0.02	p<0,05
П.10 Доля доходов от образовательной д-ти в общих доходах, %	0.93	0.97	0.95	1.00	0.66	p<0,05
П.11 Доля доходов от НИР в общих доходах, %	0.25	0.13	0.25	3.29	1.00	p<0,05
П.12 ВБС в доходах от образовательной д-ти, %	0.39	0.58	0.20	1.00	0.39	p<0,05
П.13 ВБС в доходах от НИР, %	0.83	0.48	0.41	1.00	0.75	p<0,05
	Крепкие бюджетные	Сугубо образовательные	Крепкие муниципальные	Коммерческие	Исследовательские бюджетные	

Рис. 6. Результирующая типологизация вузов
 Pic. 6. The resulting typology of universities

модельную типологизацию университетов. В частности, полученная нами апостериорным путём типологизация отражает характерные паттерны, которые могут использоваться для дальнейшей выработки рекомендаций по развитию и оптимизации системы высшего образования. При улучшении качества данных в государственных информационных системах и использовании дополнительных источников разработанные аналитические подходы и модели с применением многопараметрической обработки данных могут более полно обеспечить достижение целей анализа.

Разработанный инструментарий анализа деятельности вузов может использоваться в деятельности Счётной палаты Российской Федерации в рамках построения эффективной системы высшего образования с учётом оценки внешних эффектов деятельности университетов. Он может использоваться также для оценки эффективности национальных программ академического превосходства, таких как Проект 5-100 и «Приоритет-2030», а также отдельных мероприятий национальных проектов. Созданный инструментарий позволяет в той или иной мере решать следующие прикладные задачи:

1) проводить оценку финансово-социально-экономической эффективности деятельности вузов;

2) выявлять характерных классы вузов по специфике финансово-хозяйственной деятельности для дальнейшей стратификации организационно-управленческих решений;

3) проводить оценку финансовых моделей вузов с точки зрения их конкурентоспособности в национальном и международном аспекте;

4) проводить оценку финансовой устойчивости вузов в контексте общей устойчивости системы высшего образования России.

Рефлексия по общей процедуре проведённого проекта может быть полезна также при определении источников и границ применимости данных бенчмарков зарубежных университетов в российской практике. Опыт, полученный в ходе проекта, также может использоваться при разработке предложений по стандартам раскрытия информации университетами в форме открытых данных с учётом лучших мировых практик.

Перспективы развития разработанного аналитического инструментария видятся в добавлении новых показателей для анализа (научнометрические данные, данные мониторинга трудоустройства выпускников и др.). Перспективным представляется анализ в разрезе предметной специализации университетов и в разрезе регионов. Возможна адаптация модели для проведения анализа по методологии ОЭСР, а также при выра-

ботке предложений в отношении применения образовательными организациями высшего образования стандартов финансовой и управленческой отчётности (например – Международных Стандартов Финансовой Отчётности, МСФО).

Для повышения точности результатов моделирования предлагается разработать стратегию для работы с пропущенными данными, которая может включать в себя как восстановление пропусков методами статистики [30], так и поиск и устранение систематических ошибок в сборе и накоплении данных.

В текущей задаче все отобранные признаки имели количественную шкалу, поэтому не требовали специальных трансформаций перед кластеризацией. Однако стоит отметить, что для композиционных данных (CoDa) – данных, представляющих собой доли от общего целого, например, процент квот, которые распределяются между всеми университетами, должна быть проведена соответствующая предобработка. Многомерный статистический анализ с использованием конкретных процедур CoDa для моделирования системного риска финансовых институтов предложен в работе [31], а пример применения взвешенных оценок для композиционной классификации компаний на основе их финансовых показателей приведён в [32].

Для более глубокого понимания характеристик университетов, находящихся на стыке определённых кластеров, может оказаться полезным применение методов нечёткой логики для так называемой «нечёткой кластеризации» [33]. Использование нечёткой логики позволяет учесть неопределённость и нечёткость в данных, внедрить в математическую структуру элементы экспертной оценки и улучшить модель, делая её более гибкой и более интерпретируемой для предметной области. Примеры применения нечёткой кластеризации в аудите и моделировании финансовых систем представлены в [34] и [35].

Продолжением текущей работы может служить исследование динамики финансовых моделей за несколько предшествующих

лет, что позволит выявить тренды и изменения в финансовых моделях вузов, их адаптивность к изменяющейся среде и эволюцию. В наиболее законченном варианте результаты проекта могут быть положены в основу построения экспертной системы принятия решений для определения объёмов финансирования с учётом вклада университетов в достижение целей государственной научно-технологической политики и национальных целей развития до 2030 года.

Литература

1. *Медведев Д.А.* Социально-экономическое развитие России: обретение новой динамики // Вопросы экономики. 2016. № 10. С. 5–30. DOI: 10.32609/0042-8736-2016-10-5-30
2. *Godzimirski J.M.* Energy, climate change and security: The Russian strategic conundrum // Journal of Eurasian Studies. 2022. Vol. 13. No. 1. С. 16–31. DOI: 10.1177/18793665211054518
3. *Henderson J., Mitrova T.* Implications of the Global Energy Transition on Russia // The Geopolitics of the Global Energy Transition. M. Hafner, S. Tagliapietra (Eds.). Springer. 2020. P. 73–91. DOI: 10.1007/978-3-030-39066-2_5
4. *Акоев М.А., Валеева М.В., Яблоков Е.Б.* Концентрация человеческого капитала в исследовательских университетах как основа конкурентоспособности образовательных систем и её отражение в глобальных рейтингах университетов // Управление наукой: теория и практика. 2021. Т. 3. № 2. С. 137–160. DOI: 10.19181/sntp.2021.3.2.6
5. *Дежина И.Г., Ефимова Г.З.* Риски Проекта 5-100: оценки научно-педагогических работников различных поколений // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 3. С. 28–39. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-3-28-39
6. *Трубникова Е.И.* Проект 5-100: взгляд через призму теории институциональной коррупции // Мир России. 2020. Т. 29. № 2. С. 72–91. DOI: 10.17323/1811-038X-2020-29-2-72-91
7. *Langfeldt L., Benner M.S., Sivertsen G., Kristiansen E., Aksnes D.W., Borlaug S.B.* et al. (2015). Excellence and growth dynamics: A comparative study of the Matthew effect // Science and Public Policy. 2015. Vol. 42. No. 5. P. 661–675. DOI: 10.1093/scipol/scu083
8. *Jong L., Franssen T., Pinfield S.* Transforming excellence? From ‘matter of fact’ to ‘matter of

- concern' in research funding organizations // SocArXiv. 2022. DOI: 10.31219/osf.io/nduxf
9. Демидов М.О., Савельев П.С., Ходачек И.А., Мерешкин Д.Е. Современные инструменты развития научного потенциала университета // Университетское управление: практика и анализ. 2022. Т. 26. № 1. С. 92–101. DOI: 10.15826/umpra.2022.01.007
 10. Железнов А.М. Влияние участия университетов в Проекте 5-100 на успешность получения научных проектов // Мир России. 2023. Т. 32. № 2. С. 52–73. DOI: 10.17323/1811-038X-2023-32-2-52-73
 11. Гладкий Ю.Н., Чистобаев А.И. Основы региональной политики. СПб.: Изд-во Михайлова В.А. 1998. 659 с. ISBN: 5-8016-0032-9.
 12. Юдин Г.Б. Задачи и проблемы построения типологии общеобразовательных учреждений // Образование и общество: Всероссийская социологическая конференция к 20-летию Российского общества социологов. М.: Институт социологии РАН. 2009. EDN: TXAFGL.
 13. Соколов М. Миф об университетской стратегии. Экономические ниши и организационные карьеры российских вузов // Вопросы образования. 2017. № 2. С. 36–73. DOI: 10.17323/1814-9545-2017-2-36-73
 14. Заборовская А.С., Кривитановский А.О., Титова Н.А., Другов М.А., Клячко Т.А., Михайлюк М.В. и др. Стратегии адаптации высших учебных заведений: Экономический и социологический аспекты / Под общ. ред.: Т.А. Клячко. М.: Издательский дом ГУ ВШЭ. 2002. URL: <https://publications.hse.ru/books/54926324> (дата обращения 27.06.2023).
 15. Абанкина И.В., Алескеров Ф.Т., Белоусова В.Ю., Гохберг Л.М., Зиньковский К.В., Кисельгоф С.Г., Швидун С.В. Типология и анализ научно-образовательной результативности российских вузов. Форсайт. 2013. Т. 7. № 3. С. 48–63. URL: <https://foresight-journal.hse.ru/2013-7-3/95458442.html> (дата обращения 27.06.2023).
 16. Кузьминов Я., Семенов Д., Фрумин И. Структура вузовской сети: от советского к российскому «мастер-плану» // Вопросы образования. 2014. № 4. С. 8–69. DOI: 10.17323/1814-9545-2013-4-8-69
 17. Чечик Е. Финансовая устойчивость государственных вузов. Препринт ЦИАНО 2020 ЕУ СПб. 2020. 23 с. URL: http://ciase.ru/wp-content/uploads/2020/10/finance_final.pdf (дата обращения 27.06.2023).
 18. Кельчевская Н.Р., Павлова М.В. Анализ финансово-хозяйственной деятельности государственного вуза как основа инновационных решений и программ (на примере УГТУ-УПИ) // Университетское управление: практика и анализ. 2000. № 4 (15). С. 43–45. URL: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/42867> (дата обращения 27.06.2023).
 19. Гринь А.М., Баитов А.С. Анализ финансовой устойчивости государственного вуза // Сибирская финансовая школа. 2005. № 2. С. 54–59. URL: <http://journal.safbd.ru/ru/content/analiz-finansovoy-ustoychivosti-gosudarstvennogo-vuza> (дата обращения 27.06.2023).
 20. Гаджиев Н.Г. (2016). Анализ качества планирования финансово-хозяйственной деятельности в финансовом менеджменте вуза // Сибирская финансовая школа. 2016. № 2. С. 62–67. URL: http://journal.safbd.ru/ru/issues/2016-no2-115-mart-aprel_article_62-67 (дата обращения 27.06.2023).
 21. Кларк Б.Р. Создание предпринимательских университетов: организационные направления трансформации. Издательский дом ГУ ВШЭ. 2011. 240 с. ISBN: 978-5-7598-0834-3.
 22. Bostrom N. Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. Oxford University Press. 2014. 352 p. ISBN: 9780199678112.
 23. Moravec H. Mind Children. Harvard University Press. 1988. 224 p. ISBN: 9780674576186.
 24. Lokanan M.E., Sharma K. Fraud prediction using machine learning: The case of investment advisors in Canada // Machine Learning with Applications. 2022. Vol. 8. Article no. 100269. DOI: 10.1016/j.mlwa.2022.100269
 25. Lokanan M., Tran V., Vuong N.H. Detecting anomalies in financial statements using machine learning algorithm: The case of Vietnamese listed firms // Asian Journal of Accounting Research. 2019. Vol. 4. No. 2. P. 181–201. DOI: 10.1108/AJAR-09-2018-0032
 26. Ishibashi K., Iwasaki T., Otomasa S., Yada K. Model Selection for Financial Statement Analysis: Variable Selection with Data Mining Technique // Procedia Computer Science. 2016. No. 96. P. 1681–1690. DOI: 10.1016/j.procs.2016.08.216
 27. Zhang X. Application of data mining and machine learning in management accounting information systems // Journal of Applied Science and Engineering. 2021. Vol. 24. No. 5. P. 813–820. DOI: 10.6180/jase.202110_24(5).0018

28. Terlyga A., Balk I. Use of machine learning methods to classify Universities based on the income structure // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. 2017. No. 913. Article no. 012005. DOI: 10.1088/1742-6596/913/1/012005
 29. Bogomolova A., Balk I., Ivachenko N., Terlyga A. Budget optimization modeling for sustainable development of the university research: the example of Russia // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. 2018. No. 1117. Article no. 012012. DOI: 10.1088/1742-6596/1117/1/012012
 30. Little R.J.A., Rubin D.B. Statistical Analysis with Missing Data (3rd ed.). Wiley Series in Probability and Statistics. Wiley. 2019. 462 p. DOI: 10.1002/9781119482260
 31. Fiori A.M., Porro F. A compositional analysis of systemic risk in European financial institutions // Annals of Finance. 2023. No. 19. P. 325–354. DOI: 10.1007/978-3-030-00427-0
 32. Jofre-Campanzano P., Coenders G. Compositional Classification of Financial Statement Profiles: The Weighted Case // Journal of Risk and Financial Management. 2022. Vol. 15. No. 12. Article no. 546. DOI: 10.3390/jrfm15120546
 33. Zadeh L.A., Fu K.S. The Use of the Fuzzy Integral in Pattern Recognition // IEEE Transactions on Computers. 1973. C-22(7). P. 734–742.
 34. Lenard M.J., Alam P., Booth D. An Analysis of Fuzzy Clustering and a Hybrid Model for the Auditor's Going Concern Assessment // Decision Sciences. 2007. Vol. 31. No. 4. P. 861–884. DOI: 10.1111/j.1540-5915.2000.tb00946.x
 35. Li K., Chen Y. Fuzzy Clustering-Based Financial Data Mining System Analysis and Design // International Journal of Foundations of Computer Science. 2022. Vol. 33. No. 06n07. P. 603–624. DOI: 10.1142/S0129054122420060
- Благодарность.** Работа Ходачека И.А. была поддержана грантом, предоставленным Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075-15-2022-326)
- Статья поступила в редакцию 13.07.2023
Принята к публикации 12.10.2023

References

1. Medvedev, D.A. (2016). Socio-Economic Development of Russia: Finding New Dynamics. *Voprosy ekonomiki = Economical Studies*. No. 10, pp. 5-30, doi: 10.32609/0042-8736-2016-10-5-30 (In Russ., abstract in Eng.).
2. Godzimirski, J.M. (2022). Energy, Climate Change and Security: The Russian Strategic Conundrum. *Journal of Eurasian Studies*. Vol. 13, no. 1, pp. 16-31, doi: 10.1177/18793665211054518
3. Henderson, J., Mitrova, T. (2020). Implications of the Global Energy Transition on Russia. *The Geopolitics of the Global Energy Transition*. M. Hafner & S. Tagliapietra (Eds.). Springer. P. 73-91, doi: 10.1007/978-3-030-39066-2_5
4. Akoev, M.A., Valeeva, M.V., Yablokov, E.B. (2021). Concentration of Human Capital in Research Universities as the Basis for the Competitiveness of Educational Systems and Its Reflection in Global University Rankings. *Upravlenie naukoj: teoriya i praktika = Science management: theory and practice*. Vol. 3, no. 2, pp. 137-160, doi: 10.19181/sntp.2021.3.2.6 (In Russ., abstract in Eng.).
5. Dezhina, I.G., Efimova, G.Z. (2022). Risks of Project 5-100: Assessments by academic Staff of Different Generations. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 31, no. 3, pp. 28-39, doi: 10.31992/0869-3617-2022-31-3-28-39 (In Russ., abstract in Eng.).
6. Trubnikova, E.I. (2020). Project 5-100: A View Through the Lens of Institutional Corruption Theory. *Mir Rossii [World of Russia]*. Vol. 29, no. 2, pp. 72-91, doi: 10.17323/1811-038X-2020-29-2-72-91 (In Russ., abstract in Eng.).
7. Langfeldt, L., Benner, M.S., Sivertsen, G., Kristiansen, E., Aksnes, D.W., Borlaug, S.B. et al. (2015). Excellence and Growth Dynamics: A Comparative Study of the Matthew Effect. *Science and Public Policy*. Vol. 42, no. 5, pp. 661-675, doi: 10.1093/scipol/scu083

8. Jong, L., Franssen, T., Pinfield, S. (2022). Transforming Excellence? From ‘Matter of Fact’ to ‘Matter of Concern’ in Research Funding Organizations. *SocArXiv*, doi: 10.31219/osf.io/nduxf
9. Demidov, M.O., Saveliev, P.S., Khodachek, I.A., Mereshkin, D.E. (2022). Modern Tools for Developing University Research Capacity. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz = University management: practice and analysis*. Vol. 26, no. 1, pp. 92-101, doi: 10.15826/umpa.2022.01.007 (In Russ., abstract in Eng.).
10. Zheleznov, A.M. (2023). The Impact of University Participation in Project 5-100 on the Success of Obtaining Research Projects. *Mir Rossii* [World of Russia]. Vol. 32, no. 2, pp. 52-73, doi: 10.17323/1811-038X-2023-32-2-52-73 (In Russ., abstract in Eng.).
11. Gladkiy, Yu.N., Chistobaev, A.I. (1998). Fundamentals of Regional Policy. Saint Petersburg: Mikhaylov V.A. Publ. house. 659 p. ISBN: 5-8016-0032-9. (In Russ.).
12. Yudin, G.B. (2009). Tasks and Problems of Constructing a Typology of General Education Institutions. In *Obrazovanie i obschestvo: Vserossiiskaya sotsiologicheskaya konferentsiya k 20-letiyu Rossiiskogo obschestva sotsiologov* [Education and society: All-Russian sociological conference for the 20th anniversary of the Russian Society of Sociologists]. Moscow: Institut of sotsiologii of Russian Academy of science. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23626014> (accessed: 21.07.2023). (In Russ.).
13. Sokolov, M. (2017). The Myth of University Strategy: Economic Niches and Organizational Careers of Russian Universities. *Voprosy obrazovaniya = Educational Studies Moscow*. No. 2, pp. 36-73, doi: 10.17323/1814-9545-2017-2-36-73 (In Russ., abstract in Eng.).
14. Zaborskaya, A.S., Kryshchanovskiy, A.O., Titova, N.L., Drugov, M.A., Klyachko, T.L., Mikhaylyuk, M.V. et al. (2002). [Strategies of Adaptation of Higher Education Institutions: Sociological and Economic Aspects]. T.L. Klyachko (Ed.), Moscow: HSE Publishing House. Available at: <https://publications.hse.ru/books/54926324> (accessed: 27.06.2023). (In Russ.).
15. Abankina I.V., Aleskerov F.T., Belousova V.Yu., Gokhberg L.M., Zinkovsky K.V., Kiselgof S.G., Shvydun S.V. (2013). A Typology and Analysis of Russian Universities’ Performance in Education and Research. *Forsait = Foresight and STI Governance*. Vol. 7, no. 3, pp. 48-63. Available at: <https://foresight-journal.hse.ru/2013-7-3/95458442.html> (accessed: 27.06.2023). (In Russ., abstract in Eng.).
16. Kuzminov, Y., Semenov, D., Frumin, I. (2014). University Network Structure: From the Soviet to the Russian “Master Plan”. *Voprosy obrazovaniya = Educational Studies Moscow*. No. 4, pp. 8-69, doi: 10.17323/1814-9545-2013-4-8-69 (In Russ., abstract in Eng.).
17. Chechik, E. (2020). Financial Stability of State Universities. Preprint CIANO 2020 EU SPb. Available at: http://ciase.ru/wp-content/uploads/2020/10/finance_final.pdf (accessed: 27.06.2023). (In Russ.).
18. Kelchevskaya, N.R., Pavlova, M.V. (2000). Analysis of the Financial and Economic Activities of a State University As a Basis for Innovative Solutions and Programs (on the Example of UGTU-UPI). *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz = University Management: Practice and Analysis*. No. 4(15), pp. 43-45. Available at: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/42867> (accessed: 27.06.2023). (In Russ.).
19. Grin’, A.M., Baitov, A.S. (2005). Analysis of the Financial Stability of a State University. *Sibirskaya finansovaya shkola = Siberian Financial School*. No. 2, pp. 54-59. Available at: <http://journal.safbd.ru/ru/content/analiz-finansovoy-ustoychivosti-gosudarstvennogo-vuza> (accessed: 27.06.2023). (In Russ.).
20. Gadzhiev, N.G. (2016). Analysis of the Quality of Financial and Economic Activity Planning in University Financial Management. *Sibirskaya finansovaya shkola = Siberian Financial School*. No. 2, pp. 62-67. Available at: http://journal.safbd.ru/ru/issues/2016-no2-115-mart-aprel_article_62-67 (accessed: 27.06.2023). (In Russ.).

21. Clark, B.R. (1998). *Creating Entrepreneurial Universities: Organizational Pathways of Transformation*. IUA Press & Pergamon, Paris. 180 p. ISBN-10: 0080433545, ISBN-13: 978-0080433547. (Russian Translation: Ed. D.A. Aleksandrov, Moscow: HSE Publ. 2011, 240 p. ISBN: 978-5-7598-0834-3.).
22. Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press. 352 p. ISBN: 9780199678112.
23. Moravec, H. (1988). *Mind Children*. Harvard University Press. 224 p. ISBN: 9780674576186.
24. Lokanan, M.E., Sharma, K. (2022). Fraud Prediction Using Machine Learning: The Case of Investment Advisors in Canada. *Machine Learning with Applications*. Vol. 8, article no. 100269, doi: 10.1016/j.mlwa.2022.100269
25. Lokanan, M., Tran, V., Vuong, N.H. (2019). Detecting Anomalies in Financial Statements Using Machine Learning Algorithm: The Case of Vietnamese Listed Firms. *Asian Journal of Accounting Research*. Vol. 4, no. 2, pp. 181-201, doi: 10.1108/AJAR-09-2018-0032
26. Ishibashi, K., Iwasaki, T., Otomasa, S., Yada, K. (2016). Model Selection for Financial Statement Analysis: Variable Selection with Data Mining Technique. *Procedia Computer Science*. No. 96, pp. 1681-1690, doi: 10.1016/j.procs.2016.08.216
27. Zhang, X. (2021). Application of Data Mining and Machine Learning in Management Accounting Information Systems. *Journal of Applied Science and Engineering*. Vol. 24, no. 5, pp. 813-820, doi: 10.6180/jase.202110_24(5).0018
28. Terlyga, A., Balk, I. (2017). Use of Machine Learning Methods to Classify Universities Based on the Income Structure. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*. No. 913, article no. 012005, doi: 10.1088/1742-6596/913/1/012005
29. Bogomolova, A., Balk, I., Ivachenko, N., Terlyga, A. (2018). Budget Optimization Modeling for Sustainable Development of the University Research: The Example of Russia. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*. No. 1117, article no. 012012, doi: 10.1088/1742-6596/1117/1/012012
30. Little, R.J.A., Rubin, D.B. (2019). *Statistical Analysis with Missing Data* (3rd ed.). Wiley Series in Probability and Statistics. Wiley. 462 p. DOI: 10.1002/9781119482260
31. Fiori, A.M., Porro, F. (2023). A Compositional Analysis of Systemic Risk in European Financial Institutions. *Annals of Finance*. No. 19, pp. 325-354, doi: 10.1007/s10436-023-00427-0
32. Jofre-Campuzano, P., Coenders, G. (2022). Compositional Classification of Financial Statement Profiles: The Weighted Case. *Journal of Risk and Financial Management*. Vol. 15, no. 12, article no. 546, doi: 10.3390/jrfm15120546
33. Zadeh, L.A., Fu, K.S. (1973). The Use of the Fuzzy Integral in Pattern Recognition. *IEEE Transactions on Computers*. C-22 (7), pp. 734-742.
34. Lenard, M.J., Alam, P., Booth, D. (2007). An Analysis of Fuzzy Clustering and a Hybrid Model for the Auditor's Going Concern Assessment. *Decision Sciences*. Vol. 31, no. 4, pp. 861-884, doi: 10.1111/j.1540-5915.2000.tb00946.x
35. Li, K., Chen, Y. (2022). Fuzzy Clustering-Based Financial Data Mining System Analysis and Design. *International Journal of Foundations of Computer Science*. Vol. 33, no. 06n07, pp. 603-624, doi: 10.1142/S0129054122420060

Acknowledgement. The work of Khodachek I.A. was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation grant (Grant ID: 075-15-2022-326).

*The paper was submitted 13.07.2023
Accepted for publication 12.10.2023*