

Научная статья
УДК 65.012.122
doi: 10.17586/2713-1874-2023-2-47-54

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ РОССИЙСКИХ ВУЗОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Антон Дмитриевич Поцулин¹✉, Ирина Григорьевна Сергеева²

^{1,2}Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия
¹anton.potsulin@yandex.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0003-1083-5442>
²igsergeeva@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7314-7765>
Язык статьи – русский

Аннотация: К 2030 году планируется поддержать более тридцати тысяч предпринимательских инновационных проектов студентов и аспирантов, эта идея стала одной из правительственных инициатив с области социально-экономического развития России. Как известно, погоня за количеством может привести к снижению качества и последующему закрытию инновационных проектов. На сегодняшний день отсутствует общепринятая методика, позволяющая предварительно оценить качество инновационных проектов вузов. Представленное исследование эмпирически иллюстрирует использование методов машинного обучения для оценки качества предпринимательских инновационных проектов вузов и прогнозирования их успеха. В рамках исследования проанализированы основные причины закрытия российских стартапов и составлен список критериев оценки качества инновационных проектов университетов. Проведен опрос руководителей инновационных проектов, реализуемых в университетах Санкт-Петербурга, Москвы и Владивостока, на основании которого сформирована выборка для обучения модели оценки качества предпринимательских инновационных проектов. В результате исследования построена и обучена модель машинного обучения, проведена оценка её точности. Случайный лес был выбран в качестве метода машинного обучения, поскольку этот метод обеспечивает высокую точность, устойчив к выбросам и способен обрабатывать данные с большим количеством признаков. Использование полученных результатов упростит процесс оценки качества предпринимательских инновационных проектов и позволит прогнозировать их успех. Оценка качества предпринимательских инновационных проектов на ранних стадиях их реализации будет полезна не только руководителям проектов, но и для бизнес-инкубаторов при университетах.

Ключевые слова: инвестиции, машинное обучение, метод случайного леса, модель классификации, оценка качества инновационных проектов, предпринимательские инновационные проекты, стартапы, университеты

Работа выполнена в рамках проекта НИР № 621280 «Методы проектирования и развития инновационных и предпринимательских систем в условиях изменений трендов, вызовов и бизнес-моделей».

Ссылка для цитирования: Поцулин А.С., Сергеева И.Г. Оценка качества предпринимательских инновационных проектов российских вузов на основе модели машинного обучения // Экономика. Право. Инновации. 2023. № 2. С. 47–54. <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2023-2-47-54>.

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF ENTREPRENEURIAL INNOVATION PROJECTS OF RUSSIAN UNIVERSITIES BASED ON A MACHINE LEARNING MODEL

Anton D. Potsulin¹✉, Irina G. Sergeeva²

^{1,2}ITMO University, Saint Petersburg, Russia
¹anton.potsulin@yandex.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0003-1083-5442>
²igsergeeva@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7314-7765>
Article in Russian

Abstract: By 2030 it has been planning to support more than 30 thousand entrepreneurial and innovative projects of students and graduate students, this idea has become one of the government initiatives in the sphere of social and economic development of Russia. It is known that the pursuit of quantity can lead to a decrease in quality and the subsequent closure of innovative projects. However now there is no generally accepted methodology that allows preliminary assessment of the quality of innovative projects of universities. The presented study empirically illustrates the ap-

plication of machine learning methods for assessing the quality of entrepreneurial innovation projects of universities and predicting their success. The study analyzed the main reasons for the closure of Russian startups, resulting in a list of criteria for evaluating the quality of university innovation projects. A survey of managers of innovative projects implemented in universities in St. Petersburg, Moscow and Vladivostok was conducted, on the basis of which a sample was formed for training the quality assessment model of entrepreneurial innovation projects. As a result of the study, a machine learning model was built and trained, and its accuracy was evaluated. Random Forest was chosen as the machine learning method; the reason for its choice was its high accuracy, resistance to outliers, and ability to process data with a large number of features and classes. The application of these results will simplify the process of assessing the quality of entrepreneurial innovation projects and allow predicting their success. Assessing the quality of entrepreneurial innovation projects at the early stages of their implementation will be beneficial not only for project managers, but also for business incubators at universities.

Keywords: classification model, entrepreneurial innovation projects, investments, machine learning, quality assessment of innovation projects, random forest method, startups, universities

The work was carried out within the framework of the research project No. 621280 «Methods of designing and developing innovative and entrepreneurial systems in the context of changing trends, challenges and business models».

For citation: Potsulin A.D., Sergeeva I.G. Assessment of the Quality of Entrepreneurial Innovation Projects of Russian Universities Based on a Machine Learning Model. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2023. No. 2. pp. 47–54. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2023-2-47-54>.

Введение. Актуальность исследования. Вузы выступают важнейшими стратегическими площадками в области инновационного развития страны, поскольку они способствуют формированию и развитию интеллектуального потенциала трудовых ресурсов. Перед вузами стоит задача – способствовать трудоустройству выпускников, которые будут выступать не только в качестве наёмных работников, но и в качестве предпринимателей. Для этого необходимо вовлечь наиболее активных студентов в инновационное предпринимательство, а политика государства должна быть направлена на поддержку малого и среднего предпринимательства [1].

На сегодняшний день результативность научной и предпринимательской деятельности в российских университетах находится на недостаточном уровне, несмотря на меры государственной поддержки. Проблемами при запуске стартапов студентами являются неготовность проектных команд к взаимодействию с инвесторами, недостаточный анализ потребностей рынка, слабая поддержка предпринимательских инициатив со стороны руководства университетов [2].

В то же время стартапы набирают популярность среди российских студентов, а в университетах появляются различные программы подготовки предпринимателей, открываются бизнес-акселераторы и стартап-студии.

Стартапы имеют высоко рисковый характер и требуют определенных капиталовложений [3]. В связи с этим возникает необходимость в объективной оценке их качественных характеристик, что позволяет спрогнозировать успех инновационного проекта на ранних стадиях его реализации.

Литературный обзор. Качество инновационного проекта характеризуется как степень удовлетворенности заинтересованных сторон от реализации проекта. Заинтересованными сторонами инновационного проекта являются субъекты инновационной деятельности, инвесторы, поставщики и потребители. Следовательно, успех инновационного проекта зависит от следования в процессе его реализации заранее определенным критериям качества.

На сегодняшний день не существует стандартизированной методики, которая позволяла бы оценивать качество инновационных проектов на ранних стадиях их реализации, и именно поэтому тема, связанная с разработкой данной методики, является достаточно важной и актуальной.

Поскольку исследование направлено на определение критериев оценки качества предпринимательских инновационных проектов и разработку воспроизводимой модели на основе процедур машинного обучения, которая будет способна предсказывать успех стартапов, за основу был взят опыт применения машинного обучения для реше-

ния задач оценки качества инновационных проектов.

Использование методов машинного обучения в оценке качества предпринимательских инновационных проектов стало объектом исследования ряда зарубежных ученых. В статье немецкого исследователя Д. Унала представлены воспроизводимые модели для прогнозирования успеха стартапов с использованием методов машинного обучения. Высокая точность модели достигнута путём использования классификаторов Случайный

лес и Градиентный бустинг, 94,5% и 92,91% соответственно [4]. Т. Календова и С. Баник разработали модель оценки успеха стартапа, используя процедуры машинного обучения. Более высокая точность модели была достигнута посредством использования классификатора Случайный лес и составила 90%. Модель проходит апробацию на базе чешского венчурного фонда [5].

В таблице 1 представлен анализ использования машинного обучения при решении задачи прогнозирования успеха стартапа.

Таблица 1

Анализ использования машинного обучения при решении задачи прогнозирования успеха стартапа

Источник: составлено авторами на основе [6-10]

Автор	Цель исследования	Метод	Точность модели
Кришна Амар, Агравал Анкит, Чоудхари Алок	Помощь стартапам в обеспечении финансирования в будущем.	Ленивый прогноз, случайный лес, наивный байесовский классификатор, дерево решений, байесовская сеть. Лучшие результаты показали методы случайный лес и байесовская сеть.	88,9%
Шарличев Борис, Ройзнер Михаил, Румянцев Андрей, Озорнин Денис, Сердюков Павел	Достижения высокой точности последующего финансирования. Модель ML предсказывает, достигнет ли стартап, получивший начальное или ангельское финансирование, Раунда А или более крупного раунда инвестиций в течение следующего года.	CatBoost, логистическая регрессия.	85%
Росс Грег, Дас Санджив, Скиро Даниэль, Раза Хусейн	Поиск единорога. Модель ML предсказывает, будут ли стартапы успешно завершены путем IPO или поглощений, или же они потерпят неудачу.	XGBoost, случайный лес, К-ближайших соседей, Ансамбль. Высокую точность показал случайный лес.	80–89%
Гуан Сян, Зею Джен, Мяомяо Вэнь, Джейсон Хонг, Кэролин Ройс, Чао Лю	Прогнозирование слияния и поглощения стартапов.	Линейный дискриминантный анализ.	60–79%

Перечисленными авторами разработаны модели, позволяющие проводить оценку качества предпринимательских инновационных проектов. Все эти исследования свидетельствуют о возможности автоматического прогнозирования успеха стартапа в инвестиционных целях. Оценка качества предпринимательских инновационных проектов на ранних стадиях позволяет минимизировать риск инвестора и максимизировать возможную будущую прибыль [11]. С другой стороны, прогнозное моделирование успеха стартапа с использованием методов машинного обучения полезно не только для инвесторов, но и для руководства проектной команды, чтобы определить проблемы стартапа и получить обратную связь для последующих улучшений.

Цель исследования. Целью исследования является разработка воспроизводимой модели оценки качества предпринимательских инновационных проектов вузов на основе процедур машинного обучения. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: сформирован перечень критериев оценки качества инновационных проектов, собрана обучающая выборка, разработана модель оценки качества предпринимательских инновационных проектов, проведена оценка её точности.

Научная новизна исследования заключается в предложении оценивать инновационные проекты вузов с использованием методов машинного обучения. В процессе исследования было обосновано применение метода случайного леса как высоко результативного и точного для оценки качества инновационных проектов.

Гипотеза исследования заключается в том, что использование опыта успешных и неудачных предпринимательских инновационных проектов позволит прогнозировать успех стартапов.

Практическая значимость работы обусловлена возможностью применения разработанной модели для оценки качества студенческих стартапов. Оценка качества инновационных проектов на ранних стадиях их реализации представляет интерес не только для руководителей проектов, но и для бизнес-акселераторов и стартап-студий при университетах.

Методика исследования. В рамках решения задачи был использован метод случайного леса, поскольку он хорошо зарекомендовал себя для оценки качества инновационных проектов. Основанием для его выбора стали преимущества метода, а именно высокая точность, устойчивость к выбросам, способность обрабатывать данные с большим числом признаков и классов [12, 13].

Дерево принятия решений является основным структурным элементом случайного леса. В рамках решения задачи оценки качества предпринимательских инновационных проектов использовано бинарное дерево, из каждого узла которого выходит ровно два ребра.

Полученные результаты. На основе анализа причин закрытия стартапов [4, 14–17] составлен перечень критериев оценки качества предпринимательских инновационных проектов.

Проведен опрос руководителей инновационных проектов, реализуемых в университетах России на соответствие инновационных проектов критериям:

- качественные характеристики руководителя инновационного проекта: наличие управленческого и предпринимательского опыта, готовность делегировать ряд полномочий другому лицу;

- качественные характеристики команды проекта: укомплектованность специалистами, наличие профильного или дополнительного образования у членов команды в соответствии с закрепленными должностями, наличие и количество кейсов у участников команды;

- финансовое состояние проекта: наличие источников финансирования;

- качество коммуникации: использование технических средств, каналов коммуникации и структурирования информации всеми участниками проекта;

- качественные характеристики продукта и услуги: безопасность, функциональное соответствие, сервис, надежность, экологичность;

- качество конкурентной среды: количество конкурентов, качество продуктов и услуг у конкурентов, уровень лояльности покупателей к определенным компаниям;

– конъюнктура рынка: наличие потребности в продукте или услуги, масштабируемость.

Выявлено, что причинами закрытия инновационных проектов в большинстве случаев являются несоответствие критериям «качественные характеристики команды» и «качество конкурентной среды». Также одной из основных причин закрытия инновационного проекта является то, что продукт или услуга были выпущены в неподходящее время и не соответствовали потребностям рынка. Посредством опроса была сформирована обучающая выборка.

План научного исследования:

- 1) Сбор и анализ данных для формирования обучающей выборки.
- 2) Данные, отобранные для исследования, были объединены в единую таблицу с последующей выгрузкой в Azure ML Studio.
- 3) На основе оценок по критериям каждому инновационному проекту присвоен

статус: 1 – действующий проект, 0 – закрытый проект.

4) Разделение выборки случайным образом на тренировочную и тестовую части в отношении 70/30.

5) Определение оптимальных параметров для модели машинного обучения. Показатель AUC (англ. «area under the curve») выбран в качестве основного параметра, по которому будет выбрана модель.

6) Обучение модели и прогнозирование результатов на тестовой выборке и оценка ее точности.

На рисунке 1 представлена модель машинного обучения для оценки качества предпринимательских инновационных проектов российских вузов. Видно, что в первую очередь модель оценивает проект на соответствие критерию «качество конкурентной среды», далее следует оценка качественных характеристик команды и конъюнктуры рынка. Не менее важными критериями являются «качество коммуникации» и «финансовое состояние проекта».

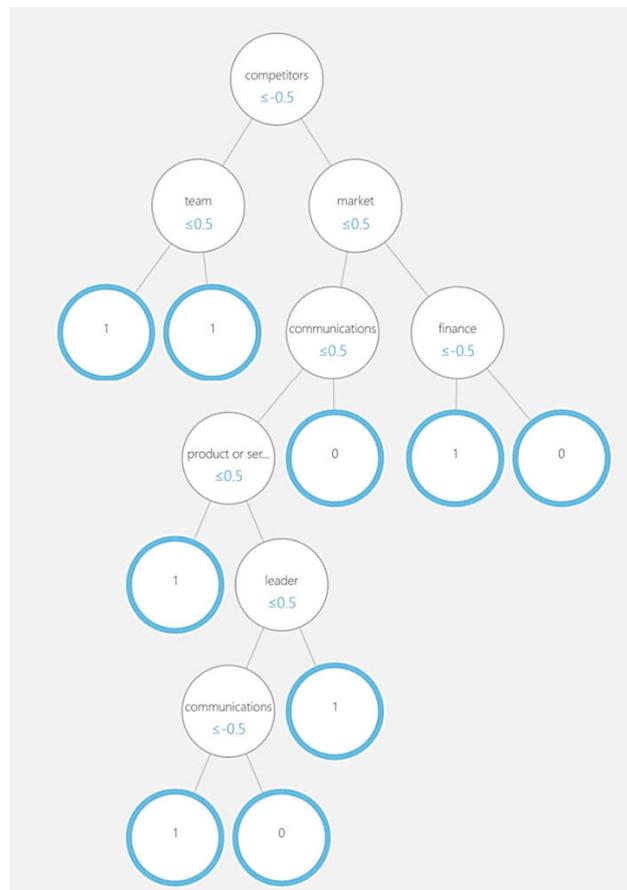


Рисунок 1 – Дерево решений

Источник: составлен авторами на основе [12, 13]

На рисунке 2 представлены показатели точности обученной модели. Кривая ошибок показывает зависимость доли истинно положительных объектов от доли ложноположительных объектов.

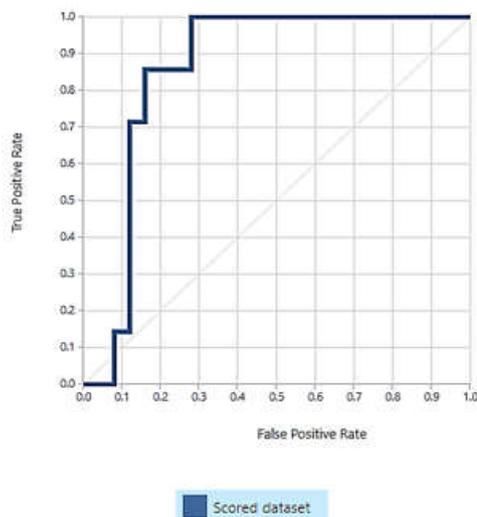


Рисунок 2 – Показатели точности обученной модели
 Источник: составлен авторами на основе [12, 13]

Стоит отметить, что эта точность является гипотетической. Реальную точность можно оценить после того, как стартапы будут протестированы на основе этой модели, и через несколько лет проверить, действуют ли данные стартапы или нет.

Выводы, направления дальнейших исследований. В результате проведенного исследования была отмечена высокая значимость стартапов для развития экономики страны и определена ведущая роль высших учебных заведений в развитии инновационного предпринимательства.

На основе принципов менеджмента качества и анализа причин закрытия стартапов сформирован перечень критериев оценки качества предпринимательских инновацион-

ных проектов вузов. Итогом работы стала разработанная модель оценки качества инновационных проектов вузов на основе процедур машинного обучения.

Reference	Prediction	
	Positive	Negative
Positive	5	2
Negative	3	22

AUC = 0,857

Precision	Recall
0,625	0,714

F1 Score	Accuracy
0,667	0,844

ных проектов вузов. Итогом работы стала разработанная модель оценки качества инновационных проектов вузов на основе процедур машинного обучения.

Данная модель способна спрогнозировать успех инновационного проекта, а также выявлять узкие места на ранних стадиях его реализации. Параметр AUC обученной модели составил 0,857, что характеризует её высокую точность.

Для дальнейшего развития научного исследования планируется совершенствование модели и повышение её точности за счёт включения исторических данных по новым проектам, а также апробация модели в бизнес-инкубаторах и акселераторах при университетах Санкт-Петербурга.

Список источников

1. Горбунова Е.А., Шаныгин С.И. Особенности развития малого и среднего предпринимательства в регионах России // Экономика. Право. Инновации. 2022. № 1, С. 4–12. DOI: 10.17586/2713-1874-2022-1-4-12.
2. Кононенко Д.С. Влияние стартапов на экономическое развитие России // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. № 5-2 (75). С. 72–76.

References

1. Gorbunova E.A., Shanygin S.I. Features of the Development of Small and Medium-Sized Entrepreneurship in the Regions of Russia. *Economika. Pravo. Innovacii*. 2022. No. 1. pp. 4–12. (In Russ.). DOI: 10.17586/2713-1874-2022-1-4-12.
2. Kononenko D.S. The Impact of Startups on the Economic Development of Russia. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika*. 2021. No. 5-2 (75). pp. 72–76 (In Russ.).

3. Приходько Р.В. Инновационные риски: содержание и способы предотвращения // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и Экологический менеджмент». 2022. № 2. С. 122–128. DOI: 10.17586/2310-1172-2022-16-2-122-128.
4. Prohorovs A., Bistrova J., Ten D. Startup Success Factors in the Capital Attraction Stage: Founders' Perspective // *Journal of East-West Business*. 2019. Т. 25. №. 1. С. 26–51. (In Eng.). DOI: 10.1080/10669868.2018.1503211
5. Cemre U., Ioana C. A Machine Learning Approach Towards Startup Success Prediction. 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ideas.repec.org/p/zbw/irtgdp/2019022.html> (In Eng.).
6. Kalendova T.A. Machine Learning Approach to Startup Success Prediction in the Context of Venture Capital Industry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vskp.vse.cz/english/81662> (In Eng.).
7. Krishna A., Agrawal A., Choudhary A. Predicting the Outcome of Startups: Less Failure, More Success // 16th International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW). IEEE, 2016. С. 798–805. (In Eng.).
8. Sharchilev B. et al. Web-Based Startup Success Prediction // *Proceedings of the 27th ACM International Conference on Information and Knowledge Management*. 2018. С. 2283–2291. (In Eng.).
9. Ross G. et al. Capital VX: A Machine Learning Model for Startup Selection and Exit Prediction // *The Journal of Finance and Data Science*. 2021. Т. 7. С. 94–114. (In Eng.).
10. Xiang G. et al. A Supervised Approach to Predict Company Acquisition with Factual and Topic Features Using Profiles and News Articles on Techcrunch // *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media*. 2012. Т. 6. №. 1. С. 607–610. (In Eng.).
11. Mishra A., Jat D.S., Mishra D.K. Machine Intelligence for Predicting New Start-ups Success: A Survey // *Proceedings of the International Conference on Data Science, Machine Learning and Artificial Intelligence*. 2021. С. 99–105. (In Eng.).
12. Song J. et al. The Random Forest Model has the Best Accuracy Among the Four Pressure Ulcer Prediction Models Using Machine Learning Algorithms // *Risk Management and Healthcare Policy*. 2021. Т. 14. С. 1175–1187. (In Eng.).
13. Nasteski V. An Overview of the Supervised Machine Learning Methods // *HORIZONS.B*. 2017. №. 4. С. 51–62. (In Eng.).
14. Коршунов И.А., Гапонова О.С. Анализ причин гибели и долгосрочные стратегии развития стартапов // *Экономический анализ: теория и практика*. 2014. № 46 (397). С. 38–49.
3. Prikhodko R.V. Innovative Risks: Contents and Methods of Prevention. *Scientific Journal ITMO University. Series «Economika i ekonomicheskij menedzhment»*. 2022. No.2. pp. 122–128. (In Russ.). DOI: 10.17586/2310-1172-2022-16-2-122-128
4. Prohorovs A., Bistrova J., Ten D. Startup Success Factors in the Capital Attraction Stage: Founders' Perspective. *Journal of East-West Business*. 2019. Vol. 25. No. 1. pp. 26–51. DOI: 10.1080/10669868.2018.1503211
5. Cemre U., Ioana C. A Machine Learning Approach Towards Startup Success Prediction. 2019. Available at: <https://ideas.repec.org/p/zbw/irtgdp/2019022.html>
6. Kalendova T.A. Machine Learning Approach to Startup Success Prediction in the Context of Venture Capital Industry. Available at: <https://vskp.vse.cz/english/81662>
7. Krishna A., Agrawal A., Choudhary A. Predicting the Outcome of Startups: Less Failure, More Success. *16th International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)*. IEEE, 2016. pp. 798–805.
8. Sharchilev B. et al. Web-Based Startup Success Prediction. *Proceedings of the 27th ACM International Conference on Information and Knowledge Management*. 2018. pp. 2283–2291.
9. Ross G. et al. Capital VX: A Machine Learning Model for Startup Selection and Exit Prediction. *The Journal of Finance and Data Science*. 2021. Vol. 7. pp. 94–114.
10. Xiang G. et al. A Supervised Approach to Predict Company Acquisition with Factual and Topic Features Using Profiles and News Articles on Techcrunch. *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media*. 2012. Vol. 6. No. 1. pp. 607–610.
11. Mishra A., Jat D.S., Mishra D.K. Machine Intelligence for Predicting New Start-ups Success: A Survey. *Proceedings of the International Conference on Data Science, Machine Learning and Artificial Intelligence*. 2021. pp. 99–105.
12. Song J. et al. The Random Forest Model has the Best Accuracy Among the Four Pressure Ulcer Prediction Models Using Machine Learning Algorithms. *Risk Management and Healthcare Policy*. 2021. Vol. 14. pp. 1175–1187.
13. Nasteski V. An Overview of the Supervised Machine Learning Methods. *HORIZONS.B*. 2017. No. 4. pp. 51–62. (In Eng.).
14. Korshunov I.A., Gaponova O.S. Analysis of the Causes of Death and Long-term Strategies for the Development of Startups. *Ekonomicheskij analiz: teoria i praktika*. 2014. No. 46 (397). pp. 38–49. (In Russ.).

15. Kalyanasundaram G. Why do Startups Fail? A Case Study Based Empirical Analysis in Bangalore // *Asian Journal of Innovation and Policy*. 2018. Т. 7. № 1. С. 79–102. (In Eng.).
16. Lee W., Kim B. Business Sustainability of Startups Based on Government Support: An Empirical Study of Korean Start-ups // *Sustainability*. 2019. Т. 11. №. 18. С. 4851. (In Eng.).
17. Поцулин А.Д. Определение критериев оценки качества предпринимательских инновационных проектов в вузах // Сборник научных трудов: XI Конгресс молодых ученых, г. Санкт-Петербург. 2022. Т. 3. С. 515–517.
15. Kalyanasundaram G. Why Do startups Fail? A Case Study Based Empirical Analysis in Bangalore. *Asian Journal of Innovation and Policy*. 2018. Vol. 7. No. 1. pp. 79–102.
16. Lee W., Kim B. Business Sustainability of Startups Based on Government Support: An Empirical Study of Korean Start-ups. *Sustainability*. 2019. Vol. 11. No. 18. P. 4851.
17. Potsulin A.D. Definition of Criteria for Assessing the Quality of Entrepreneurial Innovative projects in Universities. *Collection of scientific papers: XI Congress of Young Scientists, St. Petersburg*, 2022. Vol. 3. pp. 515–517. (in Russ.).