

Р. М. Хусаинов**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ***Ключевые слова: распознавание объектов, программный комплекс, модуль, нейросетевая модель, результат распознавания.*

В статье представлена задача распознавания объектов дорожной инфраструктуры на основе использования разработанного программного комплекса. Обоснована необходимость применения нейросетевых моделей YOLOv8 для решения данной задачи. При реализации программного комплекса выбраны инструментальные средства, такие как язык программирования Python, среда разработки IDLE Shell 3.9.7. Разработка программного комплекса выполнялось на ноутбуке с процессором Intel Pentium CPU 3825U, частота которого составляет 1.9 ГГц, объём оперативной памяти 8 Гб, под управлением 64-разрядной версии операционной системы Windows 10 Pro. Главными элементами комплекса программ являются модуль обнаружения, модуль классификации и экспериментально-исследовательский модуль. Модуль обнаружения включает блок алгоритма распознавания дорожных объектов на основе нейронной сети YOLOv8. Модуль классификации включает блок распределения объекта по классам (дорожный знак, дорожная разметка, светофор), а также блок оценки точности модели распознавания объектов. Экспериментально-исследовательский модуль включает распознавание объектов на тестовом изображении или видеофайле, получение результата оценки вероятности. Главное окно программного комплекса включает 3 вкладки: «Обучение модели» (содержит инструменты для обучения нейросетевых моделей YOLOv8); «Обнаружение объектов» (содержит инструменты загрузки изображений или видеофайлов, моделей для распознавания объектов дорожной инфраструктуры); «О программе» (содержит информацию о функциональности программного комплекса). Приведены примеры функционирования программного комплекса на тестовом изображении и видеофайле. В перспективе построенные нейросетевые модели распознавания на основе нейронной сети YOLOv8 целесообразно использовать в мобильном приложении для автоматического определения объектов (дорожная разметка, дорожный знак, светофор) в режиме реального времени.

R. M. Khusainov**ROAD INFRASTRUCTURE OBJECT RECOGNITION SOFTWARE PACKAGE***Keywords: object recognition, software package, module, neural network model, recognition result.*

The article presents the problem of recognizing road infrastructure objects based on the developed software package. The necessity of using YOLOv8 neural network models to solve this problem is substantiated. When implementing the software package, the following tools were selected: the Python programming language, the IDLE Shell 3.9.7 development environment. The software package was developed on a laptop with an Intel Pentium CPU 3825U processor, the frequency of which is 1.9 GHz, the amount of RAM is 8 GB, running a 64-bit version of the Windows 10 Pro operating system. The main elements of the software package are the detection module, the classification module and the experimental research module. The detection module includes a block of the road object recognition algorithm based on the YOLOv8 neural network. The classification module includes a block of object distribution by classes (road sign, road marking, traffic light), as well as a block of object recognition model accuracy assessment. The experimental research module includes object recognition on a test image or video file, obtaining the probability assessment result. The main window of the software package includes 3 tabs: «Model training» (contains tools for training YOLOv8 neural network models); «Object detection» (contains tools for loading images or video files, models for recognizing road infrastructure objects); «About the program» (contains information about the functionality of the software package). Examples of the software package functioning on a test image and a video file are given. In the future, the constructed neural network recognition models based on the YOLOv8 neural network can be used in a mobile application for automatic detection of objects (road markings, road sign, traffic light) in real time.

Введение

В настоящее время стремительное увеличение количества наземных транспортных средств (легковые и грузовые автомобили), а также общественных транспортов (автобусы, троллейбусы, трамваи) приводит к значительному увеличению количества современных автомагистралей и расширению городской дорожной сети [1-3]. Увеличение интенсивности нерегулируемых транспортных потоков создает более высокую вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий [4-6].

Аварийные происшествия возникают вследствие несоблюдения водителями требований установленных дорожных объектов, таких как дорожные знаки, дорожная разметка и светофоры [7-9]. Эффективное

автоматическое распознавание этих элементов играет ключевую роль в обеспечении безопасности на дорогах как для водителей, так и для пешеходов [10-12]. Для решения данной задачи целесообразно использовать современные технологии искусственного интеллекта [13-15], например, сверточные нейронные сети YOLOv8 [16-18].

С использованием обученных моделей нейросетей YOLOv8 разработан программный комплекс для распознавания объектов дорожной инфраструктуры, который сочетает в себе математические, алгоритмические и программные обеспечения. Для успешного функционирования данного комплекса необходимо присутствие эксперта, который сможет принимать обоснованные решения относительно идентификации объектов дорожной инфраструктуры по классам (дорожный

знак, дорожная разметка, светофор) [19-21].

Разработка программного комплекса выполнялась на ноутбуке модели HP с процессором Intel Pentium CPU 3825U с параметрами: частота 1.9 ГГц, оперативная память 8 Гб, 64-разрядная операционная система Windows 10 Pro.

В процессе разработки программного комплекса выбран язык программирования Python, который предоставляет широкие возможности для создания приложений, подходящих для множества разнообразных задач [22-24]. Этот язык часто применяется в сферах, связанных с искусственным интеллектом, включая задачи по распознаванию объектов [25-27].

Для реализации программного кода выбраны следующие библиотеки, которые помогут оптимизировать процесс:

- PySimpleGUI (позволяет создавать пользовательский интерфейс в удобном виде);
- Python Imaging Library (предназначена для работы с изображениями).

При внедрении программного комплекса использовалась среда разработки IDLE Shell 3.9.7 [28-30]. Данная среда разработки включает в себя две ключевые компоненты: редактор кода и интерпретатор команд [31-33].

В ее состав также встроены отладчик, который значительно облегчает процесс обнаружения и устранения ошибок в программе. Среда функционирует в двух режимах: первый - интерактивный, в котором код можно исполнять по шагам, и второй - режим редактора, позволяющий создавать, изменять и сохранять программные файлы.

Структура и компоненты программного комплекса

Комплекс программ для распознавания объектов дорожной инфраструктуры, схема которого представлена на рисунке 1, обладает модульной архитектурой и состоит из трех основных модулей.

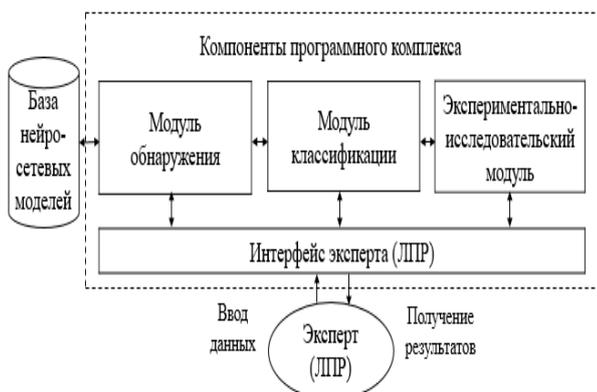


Рис. 1 – Структура программного комплекса
Fig. 1 – Structure of the programme complex

Главными компонентами данного программного комплекса являются модули обнаружения, классификации и экспериментального исследования. Первый модуль содержит алгоритм распознавания

дорожных объектов, использующий нейронную сеть YOLOv8, и механизм выделения объектов с помощью ограничивающей рамки. Второй модуль включает распределение объектов по классам, таким как дорожные знаки, разметка и светофоры, а также оценку точности работы модели распознавания. Третий модуль включает распознавание объектов с учетом факторов, влияющих на распознавание, а также блок визуализации полученных результатов.

Важно подчеркнуть, что информация, поступающая на вход программного комплекса, а также результаты, получаемые в процессе его работы, зависят от того, с каким конкретным модулем взаимодействует эксперт [34-36]. Например, при использовании модуля, отвечающего за классификацию объектов, исходными данными являются изображения [37-39]. В результате работы этого модуля выдаются результаты распознавания, сопровождающиеся оценкой точности классификации объектов по различным категориям.

Главное окно, представленное на рисунке 2, включает 3 вкладки:

- «Обучение модели» (содержит инструменты для обучения нейросетевых моделей YOLOv8);
- «Обнаружение объектов» (содержит инструменты загрузки изображений или видеофайлов, моделей для распознавания объектов дорожной инфраструктуры);
- «О программе» (содержит информацию о функциональности программного комплекса).

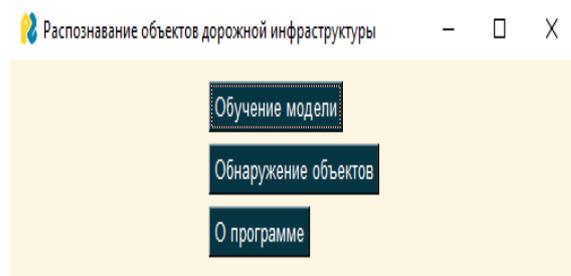


Рис. 2 – Главное окно программного комплекса
Fig. 2 – Main window of the software complex

В окне «Обучение модели», расположены следующие разделы:

- «Выбор YAML-файла» (загрузка файла в формате «yaml»);
- «Выбор модификации» (производится выбор из 5 видов моделей YOLOv8: n, s, m, l, x);
- «Эпоха» (задается количество циклов обучения нейросетевой модели);
- «Обучить» (обеспечивает процесс обучения нейросетевой модели);
- «Строка обучения» (показывает проценты обучения модели);
- «Выход» (возвращает на главное окно программного комплекса).

В окне «Обнаружение объектов», представленное на рисунке 3, расположены следующие разделы:

- «Выбрать изображение/видео» (загрузка изображения в формате «jpg» или «png», загрузка видеофайла в формате «mp4»);
- «Выбрать модель» (производится выбор из 5

видов обученных моделей YOLOv8 в формате «rt»: n, s, m, l, x);

- «Confidence (Порог уверенности)» (задается значение от 0 до 1 для уверенности модели в том, что объект определенного класса присутствует в данной области изображения или видеокadra);

- «IoU (Коэффициент Жаккара)» (задается значение от 0 до 1 для перекрытия между предсказанным прямоугольником и истинной рамкой);

- «Распознать» (обеспечивает процесс распознавания объектов на изображении или видеофайле);

- «Выход» (возвращает на главное окно программного комплекса).

При высоком пороге уверенности ($conf > 0.5$) может увеличиваться количество ложноотрицательных результатов (FN), а при низком ($conf < 0.5$) может привести к большому количеству обнаруженных объектов, но с увеличением числа ложноположительных результатов (FP) [40].

При высоком коэффициенте Жаккара ($IoU > 0.5$) повышается качество обнаружения объектов, при низком коэффициенте ($IoU < 0.5$) - снижается.

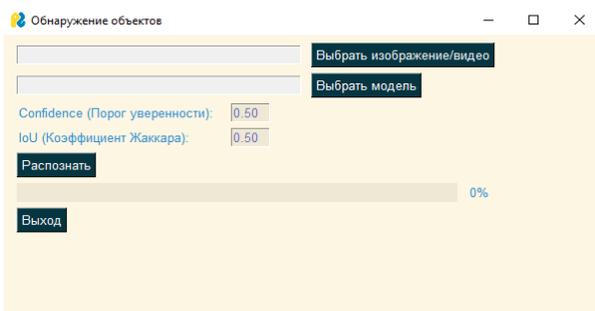


Рис. 3 – Окно «Обнаружение объектов»

Fig. 3 – Object Detection window

Окно «О программе» содержит информацию о функциональности программного комплекса.

Пример работы программного комплекса

Работоспособность программного комплекса рассмотрим на образце тестового изображения. При нажатии кнопки «Выбрать изображение / видео» загружается окно с выбором тестовых изображений.

После выбора тестового изображения необходимо выбрать обученную нейросетевую модификацию YOLOv8 (YOLOv8n, YOLOv8l, YOLOv8m, YOLOv8s, YOLOv8x). При нажатии кнопки «Выбрать модель» загружается окно с выбором нейросетевых моделей.

После нажатия кнопки «Распознать» проводится процесс распознавания объектов на изображении.

По окончании процесса обнаружения объектов на тестовом изображении результат распознавания, представленный на рисунке 4, автоматически переносится в отдельную выделенную папку.

Как видно из рис. 4, результат распознавания дорожной разметки $\sigma(t_0)$ составляет 0.68.

Функционирование программного комплекса рассмотрим на примере тестового видеофайла. При нажатии кнопки «Выбрать изображение / видео»

загружается окно с выбором тестовых видеофайлов.

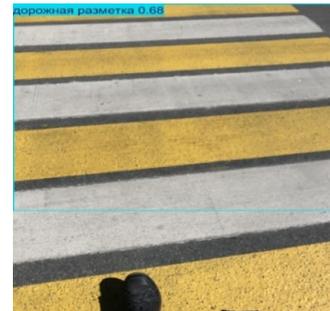


Рис. 4 – Результат представления тестового изображения

Fig. 4 – Result of test image representation

После нажатия кнопки «Распознать» проводится процесс распознавания объектов на видеофайле. Видеофайл разделяется на кадры (frame), и в ней распознаются дорожные объекты.

После завершения процесса обнаружения объектов на тестовом видеофайле результат распознавания, представленный на рисунке 5, также автоматически переносится в отдельную выделенную папку.

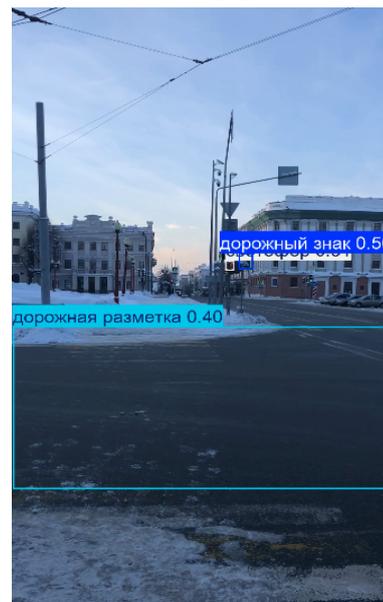


Рис. 5 – Результат распознавания тестового видеофайла

Fig. 5 – Test video file recognition result

Как видно из рисунка, получены результаты распознавания объектов дорожной инфраструктуры по классам (дорожный знак, дорожная разметка, светофор) в следующем порядке: дорожный знак $\sigma(t_0) = 0.50$, дорожная разметка $\sigma(t_1) = 0.40$, светофор $\sigma(t_2) = 0.51$.

Заключение

Разработанный программный комплекс для распознавания объектов дорожной инфраструктуры по классам (дорожный знак, дорожная разметка, светофор) на изображениях является важным

инструментом для поддержки принятия решений экспертом (водителем), а также мобильным приложением «Ассистент водителя» для классификации реальных анализируемых образов. Для эффективного применения программного комплекса в разработке нейросетевых моделей необходимо участие эксперта в экстренных случаях, который сможет принимать ключевые решения в процессе распознавания.

Улучшение и расширение функционала данного программного обеспечения являются значимыми для дальнейшего развития интеллектуальных транспортных систем. Это позволит также усовершенствовать в дальнейшем инновационные платформы, которые будут способствовать снижению дорожно-транспортных происшествий.

Литература

1. А.А. Неретин, И.И. Поздняк, *Транспортное строительство*, 3, 8-11 (2021).
2. Т.В. Дормидонтова, А.П. Осипов, Б.В. Егунов, *Тенденции развития науки и образования*, 74-3, 50-53 (2021).
3. И.М. Кублин, Н.С. Яшин, *Молодежь. Образование. Наука*, 1 (19), 373-376 (2024).
4. Р.М. Хусаинов, Н.Г. Талипов, А.С. Катасёв, Д.В. Шалаева, *Программная инженерия*, 14, 10, 513-519 (2023).
5. А.С. Катасёв, Р.М. Хусаинов, Н.Г. Талипов, Д.В. Шалаева, *Программные продукты и системы*, 1, 69-76 (2024).
6. И.О. Черняев, С.А. Евтюков, *Мир транспорта*, 19, 4 (95), 34-39 (2021).
7. Р.М. Хусаинов, Н.Г. Талипов, А.С. Катасёв, *Вестник Технологического университета*, 25, 12, 154-157 (2022).
8. М.В. Драпалюк, В.А. Зеликов, Г.А. Денисов, Н.И. Злобина, Н.В. Зеликова, *Лесотехнический журнал*, 11, 2 (42), 108-120 (2021).
9. В.В. Бараковский, *Современная наука*, 3, 25-30 (2021).
10. А.И. Сабиров, А.С. Катасёв, М.В. Дагаева, *Компьютерные исследования и моделирование*, 13, 2, 429-435 (2021).
11. В.Д. Кондратьев, В.В. Лисин, *Безопасность дорожного движения*, 3, 5-12 (2022).
12. О.А. Пырнова, Р.С. Зарипова, *International Journal of Advanced Studies*, 12, 3-2, 46-51 (2022).
13. Д.В. Катасёва, *Вестник Технологического университета*, 24, 12, 105-108 (2021).
14. А.М. Ахметвалеев, А.С. Катасёв, А.П. Кирпичников, *Вестник Технологического университета*, 20, 9, 71-75 (2017).
15. Н.А. Моисеева, *Тенденции развития науки и образования*, 892, 98-101 (2022).
16. D. Reis, *Computer Vision and Pattern Recognition*, 1-10 (2023).
17. J.R. Treven, *Mach. Learn. Knowl. Extr.*, 5 (4), 1680-1716 (2023).
18. M. Hussain, *Machines*, 11 (7), 677 (2023).
19. В.Д. Кондратьев, *Безопасность дорожного движения*, 2, 6-10 (2023).
20. А.Н. Новиков, С.В. Еремин, А.В. Кулев, Д.О. Ломакин, *Мир транспорта и технологических машин*, 1 (72), 47-54 (2021).
21. А.В. Баните, Д.С. Деряга, О.В. Леоненко, *Автоматика на транспорте*, 7, 4, 565-583 (2021).
22. Python. URL: <https://www.python.org/> (дата обращения: 14.10.2024).
23. Р.Г. Гонатаев, Д.А. Омельченко, Е.В. Фешина, *Тенденции развития науки и образования*, 70-1, 12-15 (2021).
24. Е.А. Салтанаева, Р.И. Эшелиоглу, Э.А. Набиуллина, *Научно-технический вестник Поволжья*, 10, 163-165 (2023).
25. А.В. Горохов, В.А. Мартынов, В.А. Гаврин, *Скиф. Вопросы студенческой науки*, 4 (68), 159-162 (2022).
26. Е.А. Салтанаева, С.М. Куценко, *Научно-технический вестник Поволжья*, 12, 376-378 (2023).
27. В.М. Еськов, М.А. Филатов, Г.В. Газя, Н.Ф. Стратан, *Успехи кибернетики*, 2, 3, 44-52 (2021).
28. IDLE. URL: <https://docs.python.org/3/library/idle.html> (дата обращения: 14.10.2024).
29. О.В. Игнатъева, Н.А. Москат, С.С. Рубцова, *Инженерный вестник Дона*, 2 (86), 25-33 (2022).
30. Е.И. Шляева, Е.В. Ермакова, В.А. Метелев, А.Л. Куленцан, *Сборник научных трудов вузов России «Проблемы экономики, финансов и управления производством»*, 52, 156-160 (2023).
31. М.У. Эркенова, Д.А. Богатырева, *Тенденции развития науки и образования*, 80-3, 17-19 (2021).
32. А.В. Дроздов, *Информатика. Экономика. Управление*, 1, 1, 201-216 (2022).
33. С.А. Сугайпов, М.М. Матыгов, *Тенденции развития науки и образования*, 92-11, 30-32 (2022).
34. Л.Р. Эльбиева, К.Х. Ильясова, *Тенденции развития науки и образования*, 80-2, 64-65 (2021).
35. М.В. Бахиркин, В.Н. Лукин, *Моделирование и анализ данных*, 11, 4, 72-86 (2021).
36. Д.С. Гартман, С.Н. Русак, *Тенденции развития науки и образования*, 105-14, 20-22 (2024).
37. Р.Р. Агафонова, И.М. Габдуллин, А.В. Мигалев, *Инженерный вестник Дона*, 12 (84), 304-311 (2021).
38. А.А. Ковтун, *Информация и образование: границы коммуникаций*, 14 (22), 185-187 (2022).
39. П.М. Макаров, В.Д. Русскин, В.Д. Пашенцев, Т.В. Сафонова, А.В. Мокряк, *Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право*, 4 (48), 4-11 (2023).
40. Н.Б. Паклин, В.И. Орешков, *Бизнес-аналитика: от данных к знаниям*, Питер, 2013. 704 с.

References

1. A.A. Neretin, I.I. Pozdnyak, *Transport Construction*, 3, 8-11 (2021).
2. T.V. Dormidontova, A.P. Osipov, B.V. Egunov, *Trends in the Development of Science and Education*, 74-3, 50-53 (2021).
3. I.M. Kublin, N.S. Yashin, *Molodezh. Education. Nauka*, 1 (19), 373-376 (2024).
4. R.M. Khusainov, N.G. Talipov, A.S. Katasev, D.V. Shalaeva, *Software Engineering*, 14, 10, 513-519 (2023).
5. A.S. Katasev, R.M. Khusainov, N.G. Talipov, D.V. Shalaeva, *Software Products and Systems*, 1, 69-76 (2024).
6. I.O. Chernyaev, S.A. Evtuykov, *Mir Transport*, 19, 4 (95), 34-39 (2021).
7. R.M. Khusainov, N.G. Talipov, A.S. Katasyov, *Herald of Technological University*, 25, 12, 154-157 (2022).
8. M.V. Drapalyuk, V.A. Zelikov, G.A. Denisov, N.I. Zlobina, N.V. Zelikova, *Lesotekhnicheskii Zhurnal*, 11, 2 (42), 108-120 (2021).
9. V.V. Barakovsky, *Sovremennaya nauka*, 3, 25-30 (2021).
10. A.I. Sabirov, A.S. Katasev, M.V. Dagaeva, *Computer research and modelling*, 13, 2, 429-435 (2021).
11. V.D. Kondratyev, V.V. Lisin, *Road Traffic Safety*, 3, 5-12 (2022).
12. O.A. Purnova, R.S. Zaripova, *International Journal of Advanced Studies*, 12, 3-2, 46-51 (2022).

13. D.V. Katasyova, *Herald of Technological University*, **24**, 12, 105-108 (2021).
14. A.M. Akhmetvaleev, A.S. Katasev, A.P. Kirpichnikov, *Herald of Technological University*, **20**, 9, 71-75 (2017).
15. N.A. Moiseeva, *Trends in the development of science and education*, 892, 98-101 (2022).
16. D. Reis, *Computer Vision and Pattern Recognition*, 1-10 (2023).
17. J. R. Treven, *Mach. Learn. Knowl. Extr.*, **5** (4), 1680-1716 (2023).
18. M. Hussain, *Machines*, **11** (7), 677 (2023).
19. V. D. Kondratyev, *Road Safety*, 2, 6-10 (2023).
20. A.N. Novikov, S.V. Eremin, A.V. Kulev, D.O. Lomakin, *World of Transport and Technological Machines*, 1 (72), 47-54 (2021).
21. A.V. Banite, D.S. Deryaga, O.V. Leonenko, *Automatics in transport*, 7, 4, 565-583 (2021).
22. Python. URL: <https://www.python.org/> (accessed 14.10.2024).
23. R.G. Gonataev, D.A. Omelchenko, E.V. Feshina, *Tendencies of Development of Science and Education*, 70-1, 12-15 (2021).
24. E.A. Saltanaeva, R.I. Eshelioglu, E.A. Nabiullina, *Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region*, 10, 163-165 (2023).
25. A.V. Gorokhov, V.A. Martynov, V.A. Gavrin, *Skif. Voprosy studentovnaia nauki*, 4 (68), 159-162 (2022).
26. E.A. Saltanaeva, S.M. Kutsenko, *Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region*, 12, 376-378 (2023).
27. V.M. Yeskov, M.A. Filatov, G.V. Gazya, N.F. Stratan, *Uspekhi cybernetiki*, 2, 3, 44-52 (2021).
28. IDLE. URL: <https://docs.python.org/3/library/idle.html> (accessed 14.10.2024).
29. O.V. Ignatyeva, N.A. Moskat, S.S. Rubtsova, *Engineering Bulletin of Don*, 2 (86), 25-33 (2022).
30. E.I. Shlyayeva, E.V. Ermakova, V.A. Metelev, A.L. Kulentsan, *Collection of Scientific Works of Higher Education Institutions of Russia 'Problems of Economics, Finance and Production Management'*, 52, 156-160 (2023).
31. M.U. Erkenova, D.A. Bogatyreva, *Tendencies of Development of Science and Education*, 80-3, 17-19 (2021).
32. A.V. Drozdov, *Informatics. Economics. Management*, 1, 1, 201-216 (2022).
33. S.A. Sugaipov, M.M. Matygov, *Trends in the Development of Science and Education*, 92-11, 30-32 (2022).
34. L.R. Elbiyeva, K.H. Ilyasova, *Tendencies of Development of Science and Education*, 80-2, 64-65 (2021).
35. M.V. Bakhirkin, V.N. Lukin, *Modelling and data analysis*, **11**, 4, 72-86 (2021).
36. D.S. Gartman, S.N. Rusak, *Trends in the Development of Science and Education*, 105-14, 20-22 (2024).
37. R.R. Agafonova, I.M. Gabdullin, A.V. Migalev, *Engineering Bulletin of Don*, 12 (84), 304-311 (2021).
38. A.A. Kovtun, *Information and Education: Borders of Communication*, 14 (22), 185-187 (2022).
39. P.M. Makarov, V.D. Russkin, V.D. Pashentsev, T.V. Safonova, A.V. Mokryak, *Information Technologies and Systems: Management, Economics, Transport, Law*, 4 (48), 4-11 (2023).
40. N.B. Paklin, V.I. Oreshkov, *Business analytics: from data to knowledge*, Peter, 2013. 704 p.

© **Р. М. Хусайнов** – аспирант кафедры Систем информационной безопасности, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, Казань, Россия, rumil_husainov98@mail.ru.

© **R. M. Khusainov** – PhD-Student of the Information Security Systems Department, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia, rumil_husainov98@mail.ru.