



ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)  
УДК 658.5  
DOI: 10.18503/1995-2732-2025-23-3-122-128

## ДЕТЕКЦИЯ ДЕТАЛЕЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДАМИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ YOLOv5

Кузнецов С.В., Роговик А.А., Кузнецова Е.С.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** С появлением новых средств и технологий в современном мире у специалистов в области машиностроения появляется все больше технических возможностей для реализации своих профессиональных задач с их использованием. Одним из таких средств являются нейронные сети и, в частности, те, которые могут распознавать объекты на видео и изображениях. Основные плюсы от их применения это существенное повышение производительности труда и снижение числа ошибок в процессе работы. На наш взгляд, одной из лучших представительниц моделей для распознавания объектов на основе нейронной сети является модель YOLOv5, но, к сожалению, не было никакой информации о возможности её применения для работы с чертежами, в частности детекции деталей, получаемых методами токарной обработки. Целями описанной далее работы стали, во-первых, проверка возможности YOLOv5 определять детали тела вращения с различным отношением длины  $L$  к их диаметру  $D$  на графических изображениях (чертежах) и группировать их по трем группам и, во-вторых, проверка возможности обеспечения высокой точности и скорости работы при решении задачи детекции данных деталей. В ходе работы были использованы два основных метода: метод обучения модели для распознавания объектов на основе нейронной сети и метод работы с набором графических изображений (чертежей) с использованием полученной модели. По итогу, опираясь на первый метод, была получена новая модель, способная распознавать токарные детали на графических изображениях, и в дальнейшем, опираясь на второй метод, была проверена её эффективность. После проведенных тестов можно определенно сказать, что полученная модель может эффективно решать задачу нахождения токарных деталей на чертежах, также стоит отметить, что полученные в ходе работы характеристики обученной модели являются весьма высокими, и, исходя из этого, можно сказать, что модель является довольно-таки перспективной для работы с чертежами. Полученные результаты смогут помочь автоматизировать процесс классификации деталей за счет определения их геометрических характеристик, а также открыть новые перспективы для применения группирования деталей.

**Ключевые слова:** механическая обработка, токарная обработка, детали типа тел вращения, детекция объектов, нейронные сети, YOLOv5

© Кузнецов С.В., Роговик А.А., Кузнецова Е.С., 2025

### Для цитирования

Кузнецов С.В., Роговик А.А., Кузнецова Е.С. Детекция деталей, получаемых методами токарной обработки, с использованием модели для распознавания объектов YOLOv5 // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2025. Т. 23. №3. С. 122-128. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2025-23-3-122-128>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

# DETECTION OF PARTS OBTAINED BY TURNING METHODS USING THE YOLOv5 OBJECT RECOGNITION MODEL

Kuznetsov S.V., Rogovik A.A., Kuznetsova E.S.

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** With the advent of new tools and technologies in the modern world, specialists in the field of mechanical engineering have more and more technical opportunities to realize their professional tasks. One of these tools is neural networks, and in particular those that can recognize objects in videos and images. The main advantages of using them are a significant increase in labor productivity and a reduction in the number of errors during the work process. In our opinion, one of the best representatives of neural network-based object recognition models is the YOLOv5 model but, unfortunately, there was no information about the possibility of using it to work with drawings, in particular, the detection of details obtained by turning methods. The objectives of the work described below were: firstly, to test the YOLOv5's ability to identify body parts with different ratios of length  $L$  to diameter  $D$  in graphical images (drawings) and form them into three groups, and secondly, to test the ability to ensure high accuracy and speed of operation when solving the problem of detecting these parts. In the course of the work, two main methods were used: the method of training a model for recognizing objects based on a neural network and the method of working with a set of graphic images (drawings) using the resulting model. As a result, based on the first method, a new model was obtained that can recognize turning parts in graphic images, and further based on the second method, its performance was tested. After the tests, we can definitely say that the resulting model can effectively solve the problem of finding turning parts in drawings, it is also worth noting that the characteristics of the trained model obtained during the work are very high, and based on this, we can say that the model is quite promising for working with drawings. The results obtained can help automate the process of classifying parts by determining their geometric characteristics, as well as open up new perspectives for the use of grouping parts.

**Keywords:** mechanical processing, turning, parts such as bodies rotation, object detection, neural networks, YOLOv5

## For citation

Kuznetsov S.V., Rogovik A.A., Kuznetsova E.S. Detection of Parts Obtained by Turning Methods Using the YOLOv5 Object Recognition Model. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2025, vol. 23, no. 3, pp. 122-128. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2025-23-3-122-128>

## Введение

В современных условиях в машиностроении и, в частности, в металлообработке, просматривается четкая тенденция к автоматизации технологических процессов. Этому способствует появление новых технических и технологических решений, направленных на интенсификацию труда, снижение времени на подготовку технологической документации и повышение качества ее разработки. Поиск способов и технических решений, направленных на повышение производительности труда при реализации процессов механической обработки, является весьма актуальной задачей.

Одним из перспективных средств являются нейронные сети, которые уже находят широкое применение в различных отраслях машиностроения, где они доказывают эффективность и преимущества их использования [1-5].

Данная статья может быть интересна всем специалистам в области машиностроения, в частности металлообработки, так как до сих пор раскрыты не все перспективы применения нейронных сетей в данной области.

На данном этапе развития машиностроения их уже применяют для решения многих задач:

- для подбора оптимальных режимов резания металлов;
- в качестве систем диагностики процессов, производящих онлайн-мониторинг различных параметров процесса резания;
- в качестве систем автоматического управления технологическими процессами, позволяющими реализовывать адаптивный ход обработки;
- для проектирования различных инженерных продуктов;
- для контроля состояния оборудования, прогноза их надежности и долговечности с возможностью получения оценок о необходимости проведения их технического обслуживания и ремонта.

Описанный в данной статье метод использования модели на основе нейронной сети может применяться как инструмент при планировании производства деталей типа тел вращения, таких как валы, оси, фланцы, втулка, диски и др. Перспективы использования такого подхода были ранее описаны в некоторых работах [6].

Данный способ может быть применен для группирования и типизации изготавливаемых токарных деталей, который показывает хорошие результаты по повышению производительности и эффективности, осо-

бенно в мелкосерийном и единичном производстве. Суть метода состоит в объединении различных деталей в группы по схожим конструктивным и технологическим признакам и дальнейшее их производство совместно всей группой, а не по отдельности [7-9].

В статье рассматривается решение задачи детекции деталей, получаемых методами токарной обработки, на чертежах с использованием модели для обнаружения объектов на основе нейронной сети YOLOv5. Представленные методы и подходы позволят автоматизировать процесс классификации деталей за счет определения их геометрических характеристик, что способствует повышению производительности и снижению вероятности ошибок инженеров области машиностроения при классификации больших объемов различных токарных деталей.

Современные методы, основанные на нейронных сетях, предлагают эффективные решения задачи нахождения графических объектов на картинках. Одним из таких методов является модель, основанная на нейронной сети YOLOv5 (You Only Look Once version 5), которая обеспечивает одну из самых высоких скоростей работы и точность детекции объектов. Этот алгоритм успешно применяется в различных областях, включая обнаружение объектов на изображениях и видео.

Данная нейронная сеть основана на архитектуре DarkNet, которая изначально разрабатывалась для задач компьютерного зрения. YOLOv5 работает по принципу «выделения признаков» (feature extraction), когда сеть выделяет наиболее информативные признаки из исходного изображения. Затем происходит классификация этих признаков на основе предварительно обученной модели. Преимущества и способы работы с моделью YOLO были описаны во многих статьях [10, 11]. В случае детекции токарных деталей на чертежах алгоритм использует набор признаков, характерных для различных форм и размеров этих деталей.

На этапе просмотра имеющейся информации по работе с нейронными сетями было рассмотрено множество ранее выпущенных работ [12-14]. Далее в качестве рабочей модели была выбрана YOLOv5, так как она показывает одни из лучших точностных показателей при решении задачи детекции объектов, обеспечивая при этом высокую скорость работы. К сожалению, отсутствует информация о возможности применения этой модели для работы с чертежами, следовательно, было решено проверить данную возможность на практике.

Целью статьи стала проверка перспектив применения YOLOv5 для работы с чертежами токарных деталей, в частности возможности обеспечения высокой точности и скорости работы при решении задачи их детекции.

### Этапы работы

*Первый этап* – это определение групп и их признаков. В качестве базового документа был использо-

ван ОК 012-93 «Классификатор ЕСКД», класс 71 [15]. Из этого документа берется класс 71 - детали — тела вращения. Данный класс делится на три группы по соотношению длины  $L$  и наибольшего наружного диаметра  $D$ :

–  $L$  до  $0,5D$  включительно. К этой группе относятся детали типа: фланцы, катушки, кольца, диски и др. Далее в работе эта группа будет иметь название flange;

–  $L$  свыше  $0,5$  до  $2D$  включительно. К этой группе относятся детали типа: втулки, стаканы, катушки, шкивы и др. Далее эта группа будет называться bush;

–  $L$  свыше  $2D$ . К этой группе относятся детали типа: валы, шпиндели, оси, штоки и др. Далее эта группа будет называться shaft.

*Второй этап* – это создание набора данных (DataSet) для машинного обучения. Было собрано по 80 чертежей каждой группы для тренировки нейронной сети в сумме 240 и по 20 чертежей каждого вида для валидации (проверки во время обучения модели) – в сумме 60. Все собранные чертежи были преобразованы в формат JPEG, с которым работает модель YOLO. Стоит отметить, что создание правильного набора данных – это один из самых важных этапов в машинном обучении.

Далее все они были вручную размечены при помощи специального, предназначенного для этого программного обеспечения. На **рис. 1** видно, как была размечена одна из деталей из каждой группы.

В данном случае при разметке выбираем вид, который отображает отношение длины к диаметру. В конечном итоге обученная модель должна будет отображать подобные «прямоугольники» на проверочном и тестовом наборе чертежей и выдавать результат, какой объект находится на изображении с вероятностью того, что это именно определенный объект, а не другой.

*Третий этап* – это обучение модели YOLOv5, которая обучается на наборе данных, сбор которого был произведен на предыдущем этапе и который содержит изображения токарных деталей различных форм и размеров. Обучение происходит в несколько этапов:

- 1) инициализация модели случайными весами;
- 2) подача на вход модели изображений с размеченными деталями;
- 3) оптимизация весов модели с помощью алгоритма стохастического градиентного спуска;
- 4) оценка точности детекции на валидационном наборе данных.

Исходные данные для обучения:

- разрешение изображений –  $640 \times 640$ ;
- количество шагов – 16;
- количество эпох обучения – 30.

На **рис. 2** можно увидеть, как модель находила и выделяла объекты на чертежах, в нашем случае детали из трех групп.

В итоге получилась модель, имеющая 157 слоев и 7018216 параметров. Итоговые показатели эффективности обученной модели, полученные на проверочном наборе данных, представлены в **таблице**.

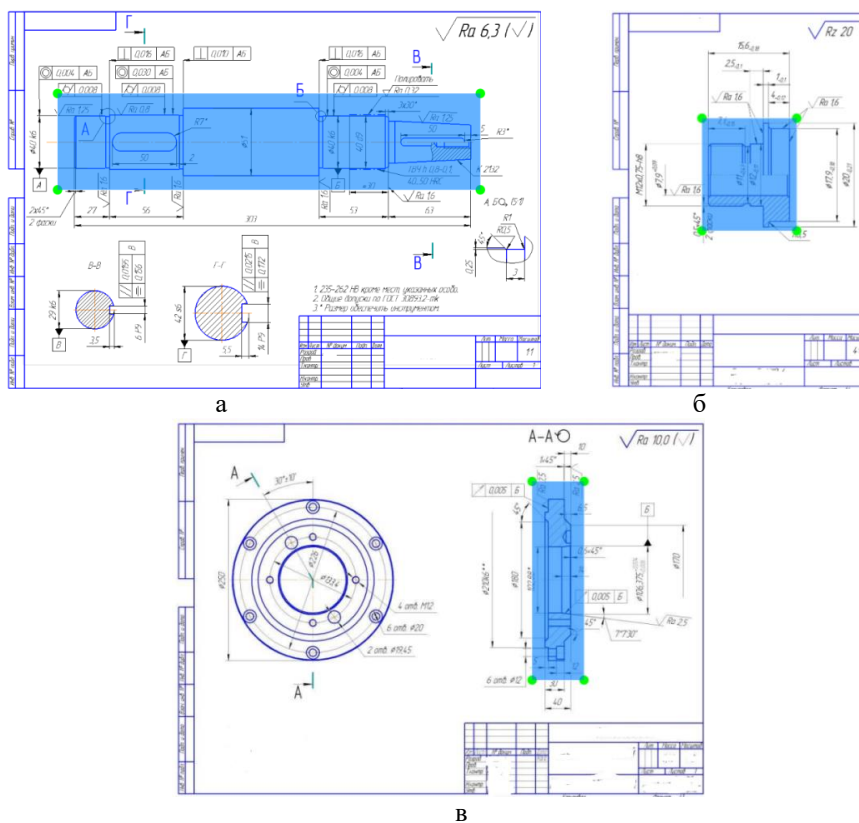


Рис. 1. Разметка деталей из трех групп на изображениях: а – Shaft ( $L$  свыше  $2D$ ); б – Bush ( $L$  свыше  $0,5$  до  $2D$ ); в – Flange ( $L$  до  $0,5D$ )  
 Fig. 1. Marking of parts from three groups in the images: а is Shaft ( $L$  over  $2D$ ); б is Bush ( $L$  over  $0.5$  to  $2D$ ); в is Flange ( $L$  up to  $0.5D$ )

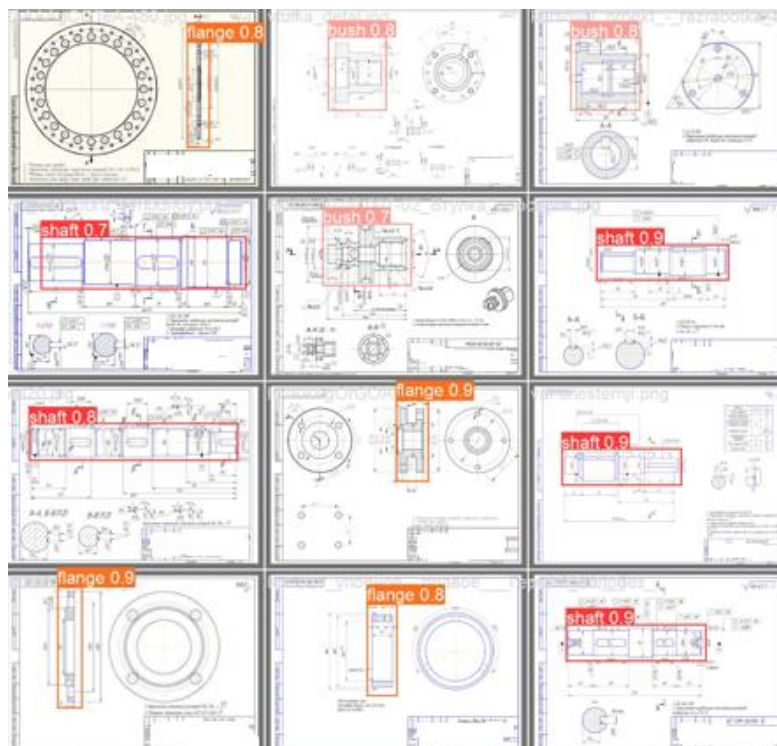


Рис. 2. Отображение результатов обучения на проверочном наборе данных  
 Fig. 2. Displaying learning outcomes on a validate dataset

Таблица. Показатели эффективности обученной модели

Table. Performance indicators of the trained model

Группа	Images	Instances	P	R	mAP50	mAP50-95
Суммарно	60	60	0,94	0,89	0,931	0,609
Shaft ( $L$ свыше $2D$ )	60	20	0,98	1	0,995	0,774
Bush ( $L$ от 0,5 до $2D$ )	60	20	0,86	0,92	0,965	0,608
Flange ( $L$ до $0,5D$ )	60	20	0,98	0,75	0,834	0,445

Четвертый этап – это оценка эффективности получившейся модели и дальнейшее проведение тестирования.

Оценка производится на основе показателей, приведенных в таблице (P, R, mAP50, mAP50-95). Проанализируем каждый из них.

Первый показатель P – это точность модели. Он отображает, сколько обнаруженных объектов в проверочном наборе были определены правильно. Суммарно по всем трем группам имеем 94%, что является хорошим результатом.

Второй показатель R – это отзывчивость. Показывает способность модели находить все группы объектов на изображениях. В нашем случае он не имеет

особую роль, так как обычно на чертеже представлен только представитель одной группы, хотя и тут тоже имеем хороший показатель.

Третий показатель mAP50 – средняя точность при 50% пороге IoU (объем перекрытия двух прямоугольников, первого – размеченного вручную объекта и второго – определенного моделью). Хорошим считается показатель, превышающий 0,5, мы суммарно имеем 0,93.

Четвертый показатель mAP50-90 – среднее значение средней точности, которое определяется на разных степенях перекрытия от 0,50 до 0,95. Хорошим считается показатель, превышающий 0,3, мы суммарно имеем 0,61.

Тест полученной модели

Далее был произведен тест обученной модели на подготовленном для этого наборе данных, состоящем из 10 случайных изображений чертежей токарных деталей.

После обработки моделью YOLOv5 все объекты, а именно Shaft ( $L$  свыше  $2D$ ), Bush ( $L$  свыше 0,5 до  $2D$ ) и Flange ( $L$  до  $0,5D$ ), были правильно определены моделью.

На рис. 3 представлены образцы определенных деталей из тестового набора из каждой группы.

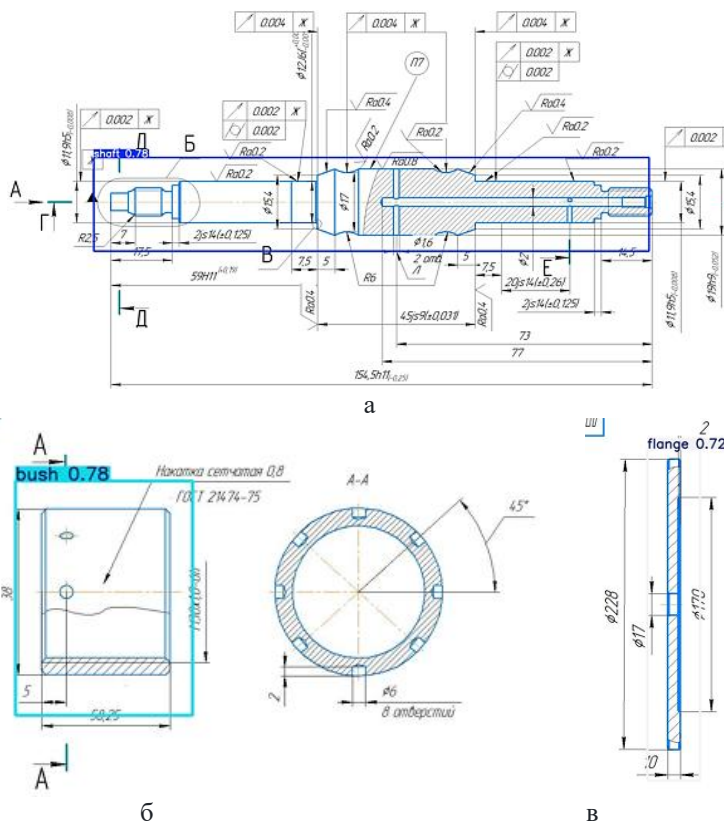


Рис. 3. Образцы определенных деталей из тестового набора: а – Shaft ( $L$  свыше  $2D$ ); б – Bush ( $L$  свыше 0,5 до  $2D$ ); в – Flange ( $L$  до  $0,5D$ )

Fig. 3. Samples of certain parts from the test set: a is Shaft ( $L$  over  $2D$ ); б is Bush ( $L$  over 0.5 to  $2D$ ); в is Flange ( $L$  up to  $0.5D$ )

По итогам проведенного теста и оценок полученных характеристик модели можно сделать вывод, что полученная в ходе обучения модель может весьма эффективно определять токарные детали на чертежах.

### Заключение

Таким образом, можно определенно сказать, что модель для распознавания объектов на основе нейронной сети YOLOv5 может эффективно решать задачу нахождения токарных деталей на чертежах. Модель способна определять детали тела вращения с различным отношением длины  $L$  к их диаметру  $D$ , а именно детали с  $L$  свыше  $2D$  (валы, оси, шпильки и т.п.), с  $L$  свыше 0,5 до  $2D$  (штулки, фланцы и т.п.) и с  $L$  до  $0,5D$  (диски, кольца и т.п.) и группировать их по трем этим группам.

Также можно предположить, что модель является весьма перспективной для работы с чертежами, так как полученные в ходе работы показатели обученной модели являются весьма высокими и заметно выше значений, которые считаются хорошими при определении качества конкретной полученной модели для нахождения тех или иных объектов. Также модель была успешно испытана на тестовом наборе данных и показала отличный результат – все объекты из тестового набора данных были определены с высокой долей уверенности модели, что это именно этот объект.

В дальнейшем полученные результаты смогут помочь автоматизировать процесс классификации деталей за счет определения их геометрических характеристик, открыть новые перспективы для применения группирования деталей и, как следствие, повысить эффективность мелкосерийного и единичного производств. Применение модели на основе нейронной сети способствует двум основным положительным эффектам: существенному повышению производительности труда и снижению вероятности ошибок инженеров из машиностроительной области при классификации больших объемов различных токарных деталей.

### Список источников

1. Суздалева Н. Н. Потенциал использования нейросетей промышленными предприятиями в условиях российской действительности // Региональная и отраслевая экономика. 2022. №11 (173). С. 91-94.
2. Алтунина К.А., Соколова М.В. Применение нейронных сетей для моделирования процесса токарной обработки // Вестник ТГТУ. 2016. Т. 22. № 1. С. 122-133.
3. Сверточные нейронные сети для выявления дефектов и повреждений конструкций / Степанов Д.В., Макаров А.В., Молотов А.М., Облетов Е.Н. // Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 9. С. 52-58.
4. Веретельников А.С., Гавлицкий А.И. Применение искусственного интеллекта в металлообрабатывающей промышленности // Электронный научный журнал «Дневник науки». 2022. №12. №37.

5. Алханов А.А. Машинное обучение и его применение в современном мире // Проблемы науки. 2021. №7 (66). С. 25-27.
6. Кузнецов С.В., Роговик А.А. Перспектива применения нейронных сетей для планирования загрузки участка механической обработки // International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2024, № 9. С. 115-117.
7. Митрофанов С.П. Научная организация машиностроительного производства. Ленинград: Машиностроение, 1976. 712 с.
8. Определение коэффициентов штучного времени деталей типа «вал» на основе их подобия / Кузнецов С.В., Аносов М.С., Роговик А.А., Муругов Ю.С. // Научно-технический вестник Поволжья. 2024. № 6. С. 72-75.
9. Кузнецов С.В., Роговик А.А., Муругов Ю.С. Подбор оптимальной группировки деталей типа «Вал» для увеличения серийности при планировании производства // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2023. №1. С. 51-55.
10. Bochkovskiy A., Wang, C. YOLOv5: Creating State-of-the-Art Object Detectors in Real Time. [S. l.] // ArXiv. 2021. С. 214–219.
11. Bochkovskiy A. YOLOv7: Trainable Boosted Data-Driven Layer for Real-Time Object Detection. [S. l.] // ArXiv. 2023. С. 5147–5155.
12. Redmon J., Farhadi A. YOLO9000: Better, Faster, Stronger // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2017, pp. 7263–7271.
13. Redmon J., Shooji F., Farhadi A. YOLOv5 Training and Improving Object Detectors and Segmentation Models with One Click // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2022, pp. 962–972.
14. Feature Pyramid Networks for Object Detection / Lin T.-Y., Dollár P., Girshick R., He, K., Hariharan, B., Belongie, S. // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2017, pp. 936–944.
15. ОК 012-93. Общероссийский классификатор изделий и конструкторских документов (Классификатор ЕСКД). М.: Изд-во стандартов, 2004. 40 с.

### References

1. Suzdaleva N.N. The potential of using neural networks by industrial enterprises in the context of Russian reality. *Regionalnaya i otraslevaya ekonomika* [Regional and sectoral economics], 2022;(11(173)):91-94. (in Russ.)
2. Altunina K.A., Sokolova M.V. Application of neural networks for modeling the turning process. *Vestnik TGTU* [Bulletin of TSTU], 2016 22(1):122-133. (in Russ.)
3. Stepanov D.V., Makarov A.V., Molotov A.M., Bolotov E.N. Convolutional neural networks for detecting defects and damage to structures. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and civil engineering], 2024;(9):52-58. (in Russ.)
4. Veretelnikov A.S., Gavlitisky A.I. Application of artificial intelligence in the metalworking industry. *Elektronniy nauchniy zhurnal «Dnevnik nauki»* [Electronic scientific journal "Diary of Science"], 2022;(12(37)). (in Russ.)
5. Alkhanov A.A. Machine learning and its application in the modern world. *Problemy nauki* [Problems of Science], 2021;(7(66)):25-27. (in Russ.)

6. Kuznetsov S.V., Rogovik A.A. The prospect of using neural networks to plan the loading of a machining site. [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 2024;(9):115-117. (in Russ.)
7. Mitrofanov S.P. *Nauchnaya organizatsiya mashinostroitel'nogo proizvodstva* [Scientific organization of machine-building production]. Leningrad: Mashinostroenie, 1976, 712 p. (in Russ.)
8. Kuznetsov S.V., Anosov M.S., Rogovik A.A., Murugov Yu.S. Determination of the unit time coefficients of "shaft" type parts based on their similarity. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzh'ya* [Scientific and Technical Bulletin of the Volga region], 2024;(6):72-75. (in Russ.)
9. Kuznetsov S.V., Rogovik A.A., Murugov Yu.S. Selection of the optimal grouping of the "shaft" type parts to increase seriality in production planning. *Mashinostroenie: setevoy elektronniy nauchniy zhurnal* [Mashinostroenie: online electronic scientific journal], 2023;(1):51-55. (in Russ.)
10. Bochkovsky A., Wang C. YOLOv5: Creating State-of-the-Art Object Detectors in Real Time. [S. l.]. ArXiv. 2021:214-219.
11. Bochkovsky A. YOLOv7: Trainable Boosted Data-Driven Layer for Real-Time Object Detection. [S. l.]. ArXiv. 2023:5147-5155.
12. Redmon J., Farhadi A. YOLO9000: Better, Faster, Stronger. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2017:7263-7271.
13. Redman J., Shoji F., Farhadi A. YOLOv5 Training and Improving Object Detectors and Segmentation Models with One Click. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2022:962-972.
14. Lin T.-Y., Dollár P., Girshick R., He K., Hariharan B., Belongie S. Feature Pyramid Networks for Object Detection. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2017:936-944.
15. ОК 012-93. All-Russian classifier of products and design documents (ESCD classifier) Moscow: Standards Publishing House, 2004, 40 p. (In Russ.)

Поступила 19.02.2025; принята к публикации 19.03.2025; опубликована 30.09.2025  
Submitted 19/02/2025; revised 19/03/2025; published 30/09/2025

**Кузнецов Сергей Викторович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Машиностроительные технологические комплексы», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия.  
Email: ks251072@yandex.ru. ORCID 0009-0004-9532-1671

**Роговик Артем Алексеевич** – аспирант, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия.  
Email: artem-rogovik@mail.ru. ORCID 0009-0004-4099-7324

**Кузнецова Елена Сергеевна** – ассистент кафедры «Машиностроительные технологические комплексы», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия.  
Email: lena-kuzn2014@yandex.ru ORCID 0009-0008-7950-4039

**Sergey V. Kuznetsov** – PhD(Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Machine-Building Technological Complexes, Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia.  
E-mail: ks251072@yandex.ru . ORCID 0009-0004-9532-1671

**Artem A. Rogovik** – Student, Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia.  
Email address: artem-rogovik@mail.ru . ORCID 0009-0004-4099-7324

**Elena S. Kuznetsova** – Assistant of the Department of Machine-Building Technological Complexes, Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia.  
Email: lena-kuzn2014@yandex.ru ORCID 0009-0008-7950-4039