

УДК 004.

*Кривоногова А.Е., студент 3 курса, Набережночелнинский институт ФГАОУ
ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», email:
web.programmer2001@gmail.com*

*Ворошилов А.И., магистрант 1 г.о, Набережночелнинский институт ФГАОУ
ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», email:
pinatree.personal@gmail.com*

*Макарова И.В., д.т.н., профессор, зав. кафедры «Сервис Транспортных
Систем», Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский
федеральный университет», email: kamIVM@mail.ru*

*Буйвол П.А., доцент, кандидат технических наук, кафедра «Сервис
Транспортных Систем», Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО
«Казанский (Приволжский) федеральный университет», email:
skyeyes@mail.ru;*

ДЕТЕКЦИЯ СВОБОДНЫХ ПАРКОВОЧНЫХ МЕСТ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*Аннотация: в настоящее время уровень автомобилизации продолжает расти,
поэтому в том числе возникает проблема поиска свободного парковочного
места. Далеко не всегда владельцам автомобилей удастся быстро найти
незанятое парковочное место. С целью оптимизации времени на поиск
эффективно использовать системы мониторинга, основанные на использовании
сверточных нейронных сетей, которые на входе принимают поток
изображений с камеры, анализируют и выдают результат о наличии свободных
парковочных мест. В статье произведен обзор принципов и возможного стека
технологий разработки.*

*Ключевые слова: нейросети, парковка, Python, TensorFlow, Anaconda, детекция
объектов.*

В настоящее время уровень автомобилизации продолжает расти, поэтому в населенных пунктах в том числе возникает проблема поиска свободного парковочного места. Особенно это касается мегаполисов. Далеко не всегда владельцам автомобилей удастся быстро найти незанятое парковочное место. Кроме временных потерь, также увеличивается нагрузка на окружающую территорию из-за роста выхлопов. С целью оптимизации времени на поиск эффективно

использовать системы мониторинга, основанные на использовании методов машинного обучения.

Машинное обучение — класс методов искусственного интеллекта, для построения которых используются средства математической статистики, численных методов, их характерной чертой является не прямое решение задачи, а на основе поиска закономерностей в различных входных данных.

Машинное обучение в зависимости от ожидаемого результата и способа ввода подразделяется на следующие стили:

- Обучение без учителя
- Обучение с учителем

Обучение без учителя - способ машинного обучения, в ходе которого испытуемая система спонтанно обучается выполнять поставленную задачу без вмешательства со стороны экспериментатора. В обучающих примерах при обучении без учителя не нужно иметь заранее заданные выходы модели, они определяются самим алгоритмом.

Обучение с учителем - способ машинного обучения, целью которого является принудительное обучение испытуемой системы с помощью примеров. Для решения поставленной задачи по детекции свободных парковочных мест необходимо использовать данный способ машинного обучения, поскольку один из его алгоритмов - нейронные сети – широко используются в компьютерном зрении.

Нейронная сеть — математическая модель, а также её программная или аппаратная реализация, базирующаяся по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей.

В зависимости от архитектуры нейронные сети подразделяются на следующие виды:

- Однонаправленные нейронные сети - вид нейронных сетей, передающий сигнал от входного слоя к выходному, однако в противоположном направлении поток информации не распространяется.

- Рекуррентные нейронные сети - вид нейронных сетей, в которых связи между элементами формируют направленную последовательность. Поэтому рекуррентные сети используются в тех случаях, когда целостное разбито на компоненты, например, распознавание рукописного текста или распознавание речи.

- Сверточные нейронные сети - вид нейронных сетей, направленный на эффективное распознавание образов, входящих в состав технологий глубокого обучения. В нашей задаче эффективно использовать сверточную нейросеть архитектуры YOLOv4.

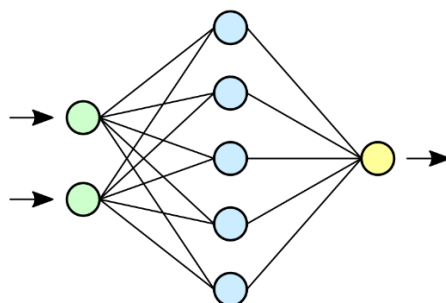


Рис. 1. Структура простой многослойной полносвязной нейронной сети

Сверточные нейронные сети используются для обработки изображений, реже для аудио. Типичным способом применения является классификация изображений.

Структура сверточной нейронной сети:

- Слой свёртки — это основной блок сверточной нейронной сети.

Особенность свёрточного слоя состоит в небольшом количестве параметров, устанавливаемое при обучении.

- Слой активации - блок, скалярный результат каждой свёртки которого попадает на функцию активации, представляющую собой нелинейную функцию. Слой активации, как правило, логически объединяют со слоем свёртки

- Слой субдискретизации – блок, представляющий собой нелинейное уплотнение карты признаков, при этом группа пикселей (обычно размера 2×2) уплотняется до одного пикселя, проходя нелинейную модификацию.

Таким образом, необходимо обучить сверточную нейронную сеть (на основе множественного числа изображений парковок (пример на рис. 2) и определять расположение свободного парковочного места.

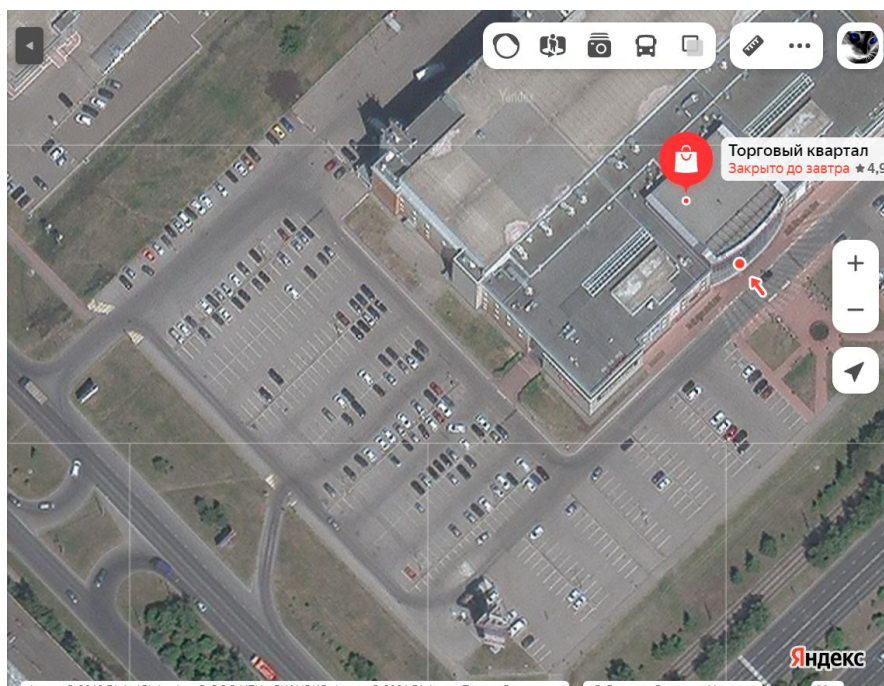


Рис. 2. Парковка возле Торгового квартала

Первый этап при обучении нейронной сети - маркировка данных. Это процесс классификации входных данных с соответствующими им выходными значениями. В нашей задаче необходимо определять, имеется ли на данном парковочном месте автомобиль, или же оно не занято.

Анализ инструментов для разметки данных позволили выделить labelstud.io. Преимуществами labelstud.io являются отсутствие трудностей в настройке, интуитивный интерфейс, возможность создания собственных шаблонов, наличие open-source версии. Недостатки заключаются в отсутствии в бесплатной версии части функционала, дорогая платная версия.

Собственно, для построения сверточной нейронной сети, ее обучения и использования используют следующий стек технологий:

- Python 3.7
- Anaconda
- TensorFlow
- Keras

- PyTorch

Python — высокоуровневый язык программирования общего назначения, широко использующийся в разработке программного обеспечения, науке о данных и машинном обучении.



```
1 from imageai.Detection import ObjectDetection
2 import os
3 execution_path = os.getcwd()
4 detector = ObjectDetection()
5 model_path = "./model/yolo-tiny.h5"
6 input_path = "./auto/1.png"
7 output_path = "./auto_q/newimage_1.jpg"
8 detector.setModelTypeAsTinyYOLOv3()
9 detector.setModelPath(model_path)
10 detector.loadModel()
11 custom_objects = detector.CustomObjects(car=True)
12 detections = detector.detectObjectsFromImage(custom_objects=custom_objects, input_image=(input_path), output_image=output_path)
13 for eachObject in detections:
14     print(eachObject["name"], " : ", eachObject["percentage_probability"], " : ", eachObject["box_points"]_)
15     print("-----")
16
```

Рис. 3. Python код

Python имеет ряд библиотек, позволяющих автоматизировать работу анализа данных и машинного обучения, например, TensorFlow, Pytorch, Keras:

- Библиотека TensorFlow - открытая программная библиотека (система машинного обучения), реализованная компанией Google с целью решения задач проектирования и тренировки нейронной сети.
- Библиотека PyTorch - фреймворк машинного обучения с открытым исходным кодом. Применяется для решения различных задач: компьютерное зрение, обработка естественного языка.

Сравнение данных библиотек позволяет говорить о преимуществе PyTorch перед TensorFlow. Сверточные нейронные сети, построенные на ее основе, работают быстрее и эффективнее. Это подтверждается и анализом деятельности разработчиков нейронных сетей: большинство работ, представляемых научным сообществом на конференциях и соревнованиях, построены на использовании PyTorch.

Библиотека Keras — открытая библиотека, обеспечивающая взаимодействие с искусственными нейронными сетями.

Anaconda — дистрибутив языков программирования Python и R, в состав которого включен набор популярных свободных библиотек, объединённых проблематиками науки о данных и машинного обучения. Основная цель — обеспечение целостным согласованным комплектом модулей (таких как NumPy, SciPy, Astropy и других) конфликтов, неизбежных при однократной установке.

Еще одним достоинством данного дистрибутива является наличие оригинального менеджера разрешения зависимостей conda с графическим интерфейсом Anaconda Navigator

```
Anaconda Prompt (Anaconda3) - label-studio
=> Database and media directory: C:\Users\webpr\AppData\Local\label-studio\label-studio
=> Static URL is set to: /static/
Starting new HTTPS connection (1): pypi.org:443
https://pypi.org:443 "GET /pypi/label-studio/json HTTP/1.1" 200 50436
Performing system checks...

System check identified no issues (1 silenced).
September 08, 2022 - 10:25:51
Django version 3.1.14, using settings 'label_studio.core.settings.label_studio'
Starting development server at http://0.0.0.0:8080/
Quit the server with CTRL-BREAK.
[08/Sep/2022 10:25:54] "GET / HTTP/1.1" 302 0
[08/Sep/2022 10:25:54] "GET /projects/ HTTP/1.1" 200 11172
[08/Sep/2022 10:25:54] "GET /static/css/uikit.e49a7a43adbd.css HTTP/1.1" 200 3892
[08/Sep/2022 10:25:54] "GET /static/css/main.de66392810e2.css HTTP/1.1" 200 15353
[08/Sep/2022 10:25:54] "GET /static/fonts/roboto/roboto.css HTTP/1.1" 200 3431
[08/Sep/2022 10:25:54] "GET /react-app/main.css?v=8c657f HTTP/1.1" 200 68921
[08/Sep/2022 10:25:55] "GET /static/js/helpers.9a01b074ff58.js HTTP/1.1" 200 13336
[08/Sep/2022 10:25:55] "GET /static/js/jquery.min.220afd743d9e.js HTTP/1.1" 200 88145
[08/Sep/2022 10:25:55] "GET /react-app/index.js?v=8c657f HTTP/1.1" 200 790575
[08/Sep/2022 10:25:55] "GET /static/icons/logo-black.svg HTTP/1.1" 200 10236
[08/Sep/2022 10:25:55] "GET /static/fonts/roboto/roboto-v20-latin_cyrillic-500.woff2 HTTP/1.1" 200 22880
[08/Sep/2022 10:25:55] "GET /api/projects?page=1&page_size=30 HTTP/1.1" 200 1241
[08/Sep/2022 10:25:55] "GET /api/version HTTP/1.1" 200 1072
[08/Sep/2022 10:25:55] "GET /projects/ HTTP/1.1" 200 11172
[08/Sep/2022 10:25:55] "GET /static/fonts/roboto/roboto-v20-latin_cyrillic-regular.woff2 HTTP/1.1" 200 22428
```

Рис. 4. Запуск labelstud.io в Anaconda

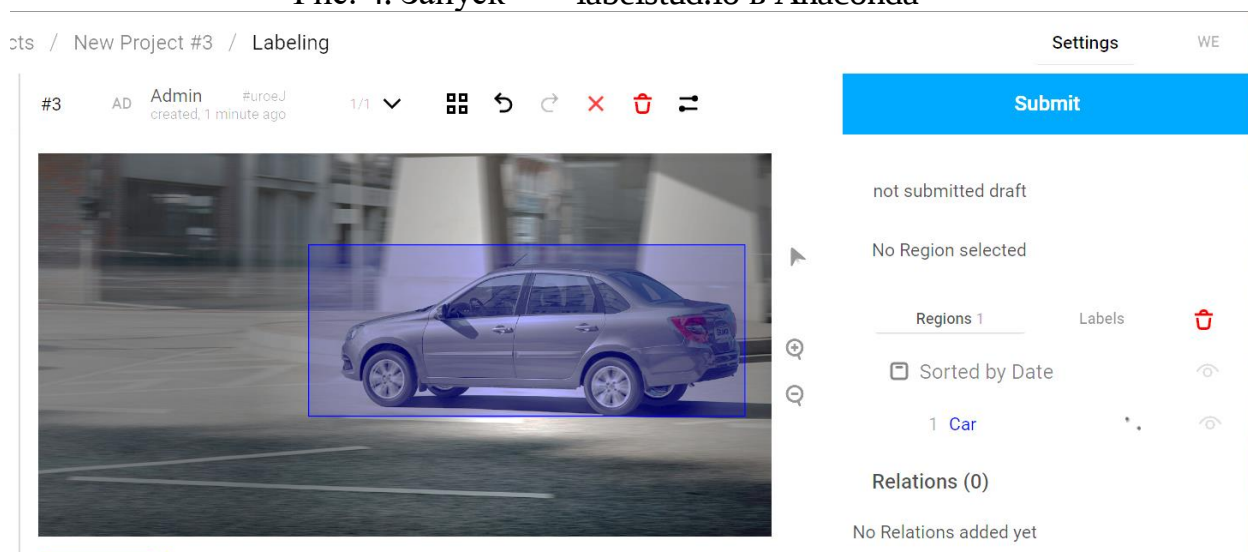


Рис. 5. Разметка изображения автомобиля в labelstud.io

☐ List of items where only "from_name", "to_name" values from the raw JSON format are exported. Use to export only the annotations for a dataset.

CSV

☐ Results are stored as comma-separated values with the column names specified by the values of the "from_name" and "to_name" fields.

TSV

☐ Results are stored in tab-separated tabular file with column names specified by "from_name" "to_name" values

COCO image segmentation object detection

☐ Popular machine learning format used by the COCO dataset for object detection and image segmentation tasks with polygons and rectangles.

Pascal VOC XML image segmentation object detection

☐ Popular XML format used for object detection and polygon image segmentation tasks.

YOLO image segmentation object detection

☒ Popular TXT format is created for each image file. Each txt file contains annotations for the corresponding image file, that is object class, object coordinates, height & width.

Export

Рис. 6. Экспорт в формате YOLO

После обучения нейронной сети на сете данных, можно использовать ее для распознавания новых изображений (рис. 7-9).

```
car : 31.514257192611694 : [258, 96, 319, 166]
-----
car : 38.08497648086548 : [278, 98, 331, 177]
-----
car : 46.33568525314331 : [352, 144, 421, 226]
-----
car : 48.376962542533875 : [403, 174, 464, 256]
-----
car : 38.998822434425354 : [631, 314, 714, 407]
-----
car : 47.697240114212036 : [356, 361, 416, 456]
-----
car : 44.725391268730164 : [372, 386, 433, 457]
-----
car : 46.962687373161316 : [768, 433, 879, 484]
-----
car : 43.8936710357666 : [798, 473, 935, 518]
-----
car : 85.84753274917603 : [838, 522, 997, 565]
-----
Process finished with exit code 0
```

Рис. 7. Результат обработки входных изображений



Рис. 8. Входное изображение



Рис. 9. Изображение, полученное после обучения нейросети

Аппаратная часть, необходимая для системы мониторинга занятости парковочного пространства:

- камеры, установленная по периметру и на территории парковочных мест,
- высокопроизводительная машина или арендованные облачные мощности для дообучения сверточной сети на собранном сете изображений занятых и свободных парковочных мест.

Таким образом, благодаря использованию сверточных нейронных сетей, решается ряд задач сокращения времени поиска свободного парковочного места. Если встроить данный классификатор на основе нейронной сети в приложение, то достаточно подавать изображения с камер видео-наблюдения на вход и производить детекцию. Таким образом появляется возможность мониторить парковочное пространство в режиме реального времени. Как расширение функциональности системы можно рассмотреть:

- отслеживание номеров неправильно припаркованных автомобилей и автоматическое начисление штрафа автовладельцу,
- отслеживание лица водителя для предотвращения угонов.

Список использованных источников

1. Разметка именованных сущностей в Label Studio [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/659791/> . Дата обращения 03.03.2022.
2. Машинное обучение [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5 . Дата

обращения 03.03.2022.

3. Нейронные сети для начинающих. Часть 1е [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/312450/> . Дата обращения 03.03.2022.

4. Свёрточная нейронная сеть [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D1%91%D1%80%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C . Дата обращения 03.03.2022.

5. Create production-grade machine learning models with TensorFlow [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tensorflow.org/> . Дата обращения 03.03.2022.

6. Data Labeling Tool [Электронный ресурс]. URL: <https://labelstud.io/> . Дата обращения 03.03.2022.

7. Keras [Электронный ресурс]. URL: <https://keras.io/> . Дата обращения 03.03.2022.

Krивоногова А.Е., 3rd year student, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University, email: web.programmer2001@gmail.com

Voroshilov A.I., graduate student, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University, email: pinatree.personal@gmail.com

Makarova I.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. department "Service of transport System", Naberezhnye Chelny Institute of FGAOU VO "Kazan Federal University", e-mail: kamIVM@mail.ru

Buivol P.A., Ph.D., Associate Professor, department "Service of transport System", Naberezhnye Chelny Institute of FGAOU VO "Kazan Federal University", e-mail: skyeyes@mail.ru

DETECTION OF FREE PARKING SPACES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

Abstract: At present, the motorization level continues to grow, therefore, including the problem of finding a free parking space. It is not always possible for car owners to quickly find an unoccupied parking space. In order to optimize the search time, it is effective to use monitoring systems based on the use of convolutional neural networks, which receive a stream of images from the camera at the input, analyze and give a result about the availability of free parking spaces. The article provides an overview of the principles and possible stack of development technologies.

Keywords: convolutional neural networks, parking, Python, TensorFlow, Anaconda, object detection.