

УДК 004.032.26

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМЕ РАСПОЗНАВАНИЯ СОНЛИВОСТИ ВОДИТЕЛЯ

**Киселев Николай Сергеевич,**

кандидат технических наук, доцент

доцент кафедры «Информатика и информационно-управляющие системы»

Казанский Государственный Энергетический Университет

Россия, г. Казань

kis\_48@mail.ru

**Ушаков Егор Дмитриевич,**

студент

2 курс, институт цифровых технологий и экономики

Казанский Государственный Энергетический Университет

Россия, г. Казань

usakovegor2002@gmail.com

### Аннотация

В статье рассматривается использование сверточных нейронных сетей в системе распознавания сонливости водителя. Описаны проблема предотвращения дорожно-транспортных происшествий, связанных с сонливостью водителя, а также технологии их предотвращения. Предлагается использование частоты зевания и слипания глаз для определения состояния водителя. Для оценки частоты зевания и слипания глаз предлагается использовать сверточные нейронные сети, описана архитектура предложенной нейронной сети и результаты обучения и проверки. Описаны недостатки полученных результатов, методы их решения. В конце работы представляется вывод по полученным результатам.

**Ключевые слова:** сонливость, определение сонливости водителя, глубокое обучение, нейронная сеть, сверточная нейронная сеть, обучение модели.

## USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS IN THE DRIVER DROWSINESS SYSTEM

**Nikolay S. Kiselev,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan State Power Engineering University,

Russia, Kazan,  
kis\_48@mail.ru

**Egor D. Ushakov,**

Student of the Department of "Informatics and Information Management Systems"  
Kazan State Power Engineering University,  
Russia, Kazan,  
usakovegor2002@gmail.com

---

## ABSTRACT

---

The article is dedicated to use of convolutional neural networks in the driver's drowsiness recognition system. The problem of preventing traffic accidents associated with driver drowsiness, as well as technologies for their prevention are described. It is proposed to use the frequency of yawning and eye sticking to determine the state of the driver. It is proposed to use convolutional neural networks to estimate the frequency of yawning and eye sticking, estimate the frequency of yawning and eye sticking, the architecture of the proposed neural network and the results of training and validation are described. The shortcomings of the obtained results and methods for their solution are described. At the end of the work, a conclusion is presented on the results obtained.

---

**Keywords:** drowsiness, detection of driver drowsiness, deep learning, neural network, convolutional neural network, model training.

---

Система распознавания сонливости водителя – это технология, которая помогает предотвращать аварии, связанные с сонливостью водителя. Согласно данным исследований, приведённых на сайте star-wiki.ru [1], сонливость или засыпание за рулем транспортного средства является причиной 20% дорожно-транспортных происшествий.

Для их предотвращения используются различные системы, основанные на мониторинге модели рулевого управления, положении автомобиля при контроле полосы движения, контроле глаз или лица водителя, а также на физиологических изменениях. Для мониторинга физиологических изменений в автомобиле используются методы компьютерного зрения и получения биологических сигналов [2, 3]. Системы, основанные на компьютерном зрении, следят за контролем внимания на основе движения его зрачков, но не следят за сонливостью. Существуют также приложения для смартфона, которые, к сожалению, учитывают не весь спектр небезопасных дорожных ситуаций, с которыми может столкнуться водитель. Данные мобильные приложения по большей части анализируют окружающую дорожную обстановку, не учитывая в полной мере контекст внутри кабины транспортного средства [4].

В данной статье при определении сонливости водителя предлагается использовать такие факторы, как частота и продолжительность слипания глаз и зевота. Надежным критерием определения сонливости, согласно существующим на данный момент научным

исследованиям, является параметр PERCLOS, который характеризуется долей времени, в течение которого глаза водителя закрыты или он зевает [5].

Для определения состояния сонливости водителя нужно определить состояние глаз человека (открыты или закрыты) и зевоты (зевает или не зевает). Для этого предлагается использовать модель глубокого обучения, которая на основе изображения лица определяет эти параметры. Для предложенной модели используется сверточная нейронная сеть, так как она обладает преимуществами перед остальными видами нейронных сетей при классификации изображений [6]. Это алгоритм глубокого обучения, который может принимать входное изображение, присваивать важность различным аспектам на изображении и отличать один от другого. В сверточных нейронных сетях используется сверточный слой или сверточное ядро. Основная идея сверточного ядра состоит в том, что каждое ядро является дочерним линейным слоем с небольшим числом входов и одним выходом.

В работе предлагается использовать две сверточные нейронные сети для определения двух различных факторов, так как при объединении в одну нейронную сеть точность при экспериментах, проводимых нами ранее, не превышала 84%. Обе задачи определения состояния являются задачами бинарной классификации, то есть в конце работы сети нужно определить один из двух классов (закрыты глаза или открыты, зевает человек или не зевает), поэтому обе нейронные сети имеют схожую архитектуру, которая приведена на рисунке 1.

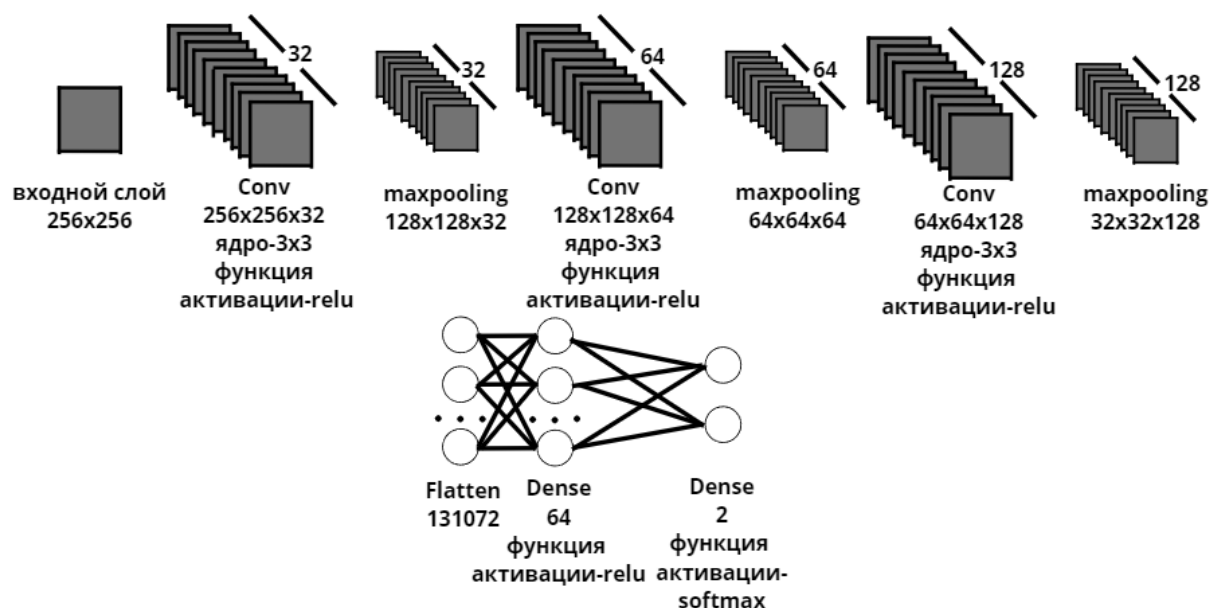


Рисунок 1. Архитектура сверточной нейронной сети

Архитектура сверточной нейронной сети состоит из входного слоя, в который подается изображение в градациях серого размером 256 на 256 пикселей; трех сверточных слоев с размерами ядер 3x3, количеством каналов равных 32, 64, 128 и размером входных данных 256x256, 128x128 и 32x32 соответственно, в каждом сверточном слое используется функция активации relu. После каждого сверточного слоя идет слой maxpooling – слой объединения, который возвращает максимальное значение из части изображения, охватываемого ядром, размерность которого равна 2x2 и, таким образом, уменьшает размер

входных параметров вдвое [6]. Далее полученная карта признаков подается на вход полносвязной нейронной сети, на выходном слое которой используется функция активации softmax, которая преобразует результаты в вероятность принадлежности к тому или иному классу, в нашем случае открыты глаза или закрыты, зевает водитель или не зевает. Данные нейронные сети были написаны на языке программирования Python с использованием библиотеки Keras. В качестве среды разработки использовался Jupyter Notebook, который позволяет сразу видеть результаты выполнения программы, выполнять программу по кускам. Также Jupyter Notebook позволяет выводить результат сразу после выполненного фрагмента кода, это позволяет удобно визуализировать данные с помощью графиков [7].

Тренировочные и тестовые наборы данных для распознавания состояния зевоты и закрытия глаз были собраны нами и состоят из 1233 и 1234 изображений соответственно. Изображения, используемые для определения состояния зевоты представляют собой размеченные фотографии людей в автомобиле (указывается состояние зевания) в различных позициях. Изображения, которые используются для определения состояния глаз также являются размеченными и состоят из изображений глаз различных цветов, в очках или без них. В качестве метрики точности используется метрика Ассурасу, которая показывает долю правильных предсказаний в общем их числе, предсказанных моделью на тестовом наборе данных. Функция потерь показывает, насколько далеко предсказанные значения от действительных. В качестве функции потерь используется бинарная кросс энтропия, что является стандартным решением в задачах бинарной классификации. Обучение каждой модели происходило на протяжении 10 эпох. Эпоха – одна итерация в процессе обучения, в ходе которого модель проходит по всем данным тренировочного набора данных, изменяя значения весов, и проверяет точность на тестовом наборе данных. Выбор количества эпох, используемых при обучении нейронных сетей не является случайным, так как при количестве эпох, равных 10 модель достигает максимального значения точности (Validation Accuracy) и при этом не переобучается. Переобучение происходит в том случае, когда значение точности на тренировочных данных (Training Accuracy) достигает высоких значений, но при этом значение точности на тестовых данных (Validation Accuracy) низкое. Отличительной особенностью переобученной модели является то, что модель в таком случае хорошо распознает примеры из обучающего множества, но на реальных данных, не участвовавших в обучении, показывает плохие результаты.

Результаты обучения и проверки модели определения состояния зевания можно видеть на рисунке 2.

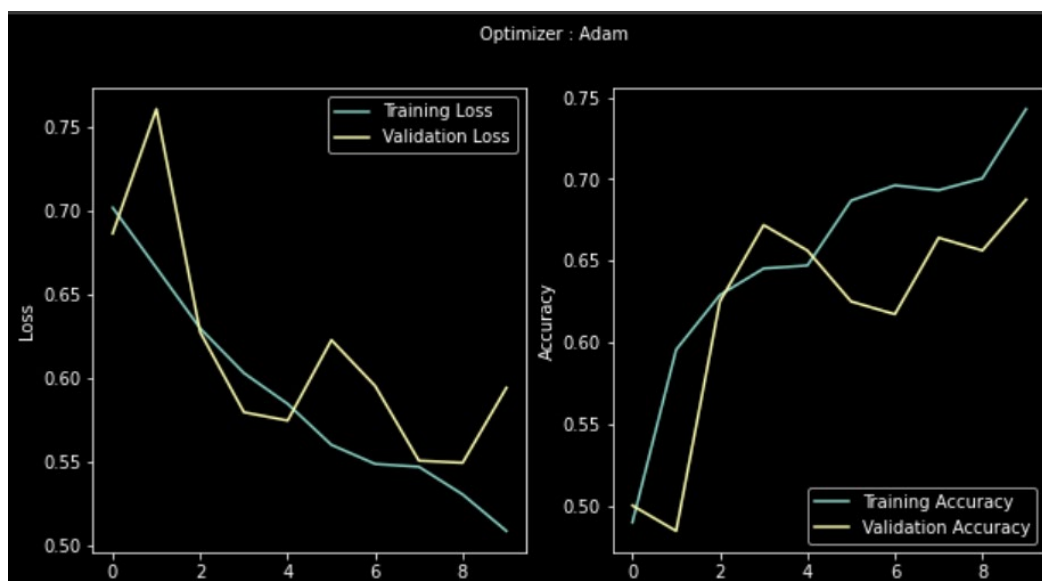


Рисунок 2. График точности и потерь модели слежения за зевотой

По оси x – эпохи, на левом графике по оси y – значение функции потерь, на правом – значение точности. Согласно графику, точность при проверке на десятой эпохе составила 68%. Потери составили 60%, что достаточно много.

Результаты обучения и проверки модели слежения за состоянием глаз можно видеть на рисунке 3.

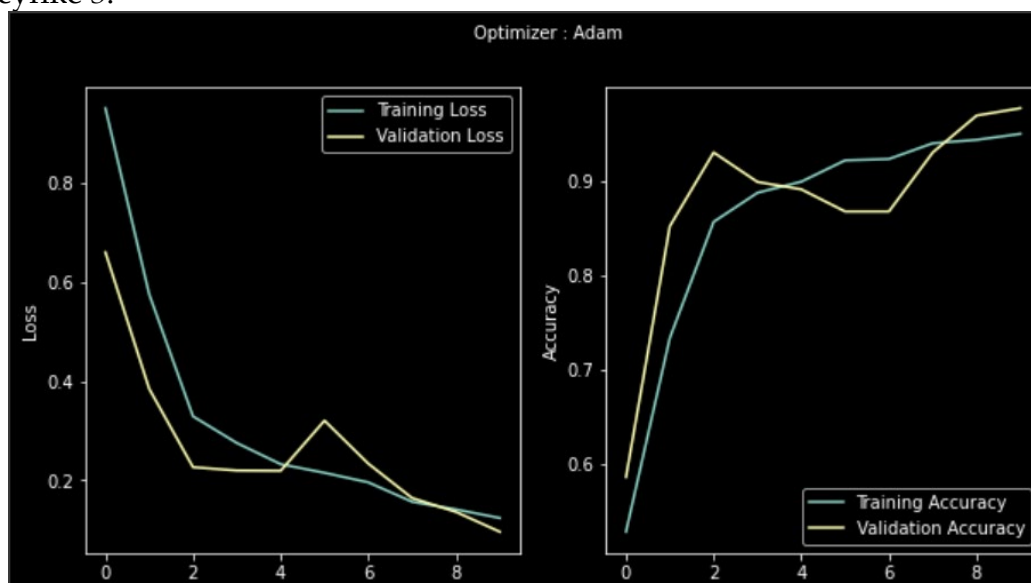


Рисунок 3. График точности и потерь модели слежения за глазами

На данном графике можно видеть, что точность составляет более 90 %, потери менее 10%, что является весьма удовлетворительным.

Таким образом, предложенные сверточные сети могут с высокой точностью определить состояние глаз человека, с меньшей – состояние зевоты. Для увеличения точности могут быть использованы более глубокие сети с большим количеством скрытых слоев.

**Список литературы:**

1. Обнаружение сонливости водителя [Электронный ресурс]. URL: [https://star-wiki.ru/wiki/Driver\\_drowsiness\\_detection](https://star-wiki.ru/wiki/Driver_drowsiness_detection) (Дата обращения 23.02.2022).
2. Булыгин А.О., Кашевник А.М. Анализ современных исследований в области детектирования утомления водителя в кабине транспортного средства // Системы анализа и обработки данных. 2021. №3. С. 19-36.
3. Мешрам П., Аути Н., Агравал Х Мониторинг положения головы водителя для контроля рисков аварий // Процессия компьютерных наук. 2015. Том 50. С. 617-622.
4. Лашков Б.И. Анализ поведения водителя при управлении транспортным средством с использованием фронтальной камеры смартфона // Информационно-управляющие системы. 2017. №4 С. 7-17.
5. Приянка Н.Л., Крутика С., Адман, Мрулани Г. Система мониторинга лица водителя для выявления гипобдительности. // Журнал исследований. 2015. №4. С.553-559.
6. Полное руководство по сверточным нейронным сетям – способ ELI5: сайт Сумит Саха. [Электронный ресурс]. URL: <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53> (Дата обращения 3.03.2022).
7. Введение в JupyterLab и Jupyter Notebooks [Электронный ресурс]. URL: <https://jupyter.org/try-jupyter/retro/notebooks/?path=notebooks/Intro.ipynb> (Дата обращения 4.05.2022).

**References:**

1. Driver drowsiness detection [Electronic resource]. Access mode: [https://star-wiki.ru/wiki/Driver\\_drowsiness\\_detection](https://star-wiki.ru/wiki/Driver_drowsiness_detection) (Date of application 23.02.2022).
2. Bulygin A.O., Kashuvnik A.M. Analysis of modern research in the field of driver fatigue detection in the vehicle cabin // Systems of Analysis an Data Processing. 2021. №3. P. 19-36.
3. P. Meshram, N. Auti, H. Agrawal Monitoring driver head postures to control risks of accidents // Procedia Computer Science. 2015. Vol. 50. P. 617-622.
4. Lashkov B.I. Analysis of driver behavior when driving a vehicle using a smartphone front camera // Information and Control Systems. 2017. №4 P. 7-17.
5. Priyanka N.L., Krutika S., Adman, Mrulani G. Driver's Face Monitoring System for Detect Hypo Vigilance. Journal of Research. 2015. №4. P. 553-559.
6. A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks – the ELI5 way: Sumit Saha Website [Electronic resource]. Access Mode: <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53> (Date of application 3.03.2022).

7. Introduction to JupyterLab and Jupyter Notebooks [Electronic resource]. Access mode: <https://jupyter.org/try-jupyter/retro/notebooks/?path=notebooks/Intro.ipynb> (Date of application 4.05.2022).