

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕГИСТРАЦИИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ТОПЛИВА И СРЫВА ПЛАМЕНИ В ИСПЫТАНИЯХ МОДЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ПО ФОТОГРАФИЯМ

Янук А.В.¹, Панов Е.Н.¹, Тарасенко А.Н.¹, Певницкий Н.М.¹, Шлыков Д.А.¹
 Центральный институт авиационного моторостроения им П.И. Баранова, г. Москва,
 avyanuk@ciam.ru

Ключевые слова: свёрточная нейронная сеть, автоматизация обработки изображений.

В данной работе представлена разрабатываемая система выявления моментов времени, соответствующих воспламенению топлива и потуханию пламени в испытываемой модельной камере сгорания по изображению, включающему фотографию форсунок камеры сгорания (КС) во время испытания. Определение момента начала горения и его окончания необходимо для определения характеристик запуска, срыва и переброса пламени между горелочными устройствами [1].

Обрабатываемые изображения представляли собой снимки экрана компьютера, на которых отображались показания датчиков, используемых для измерений в данном эксперименте, и фотография форсунок испытываемой модели. Данные изображения анализировались классификатором, результатом работы которого являлось присвоение каждому изображению метки одного из четырёх классов: «Пламени нет» (1, 0, 0, 0), «Пламя есть» (0, 1, 0, 0), «Вспышка» (0, 0, 1, 0), «Брак» (0, 0, 0, 1). К классу «Вспышка» отнесены изображения, на которых наблюдается детонация топлива; к классу «Брак» – изображения, на которых по техническим причинам отсутствует фотография форсунок КС. На рис.1. представлены образцы изображений каждого класса.

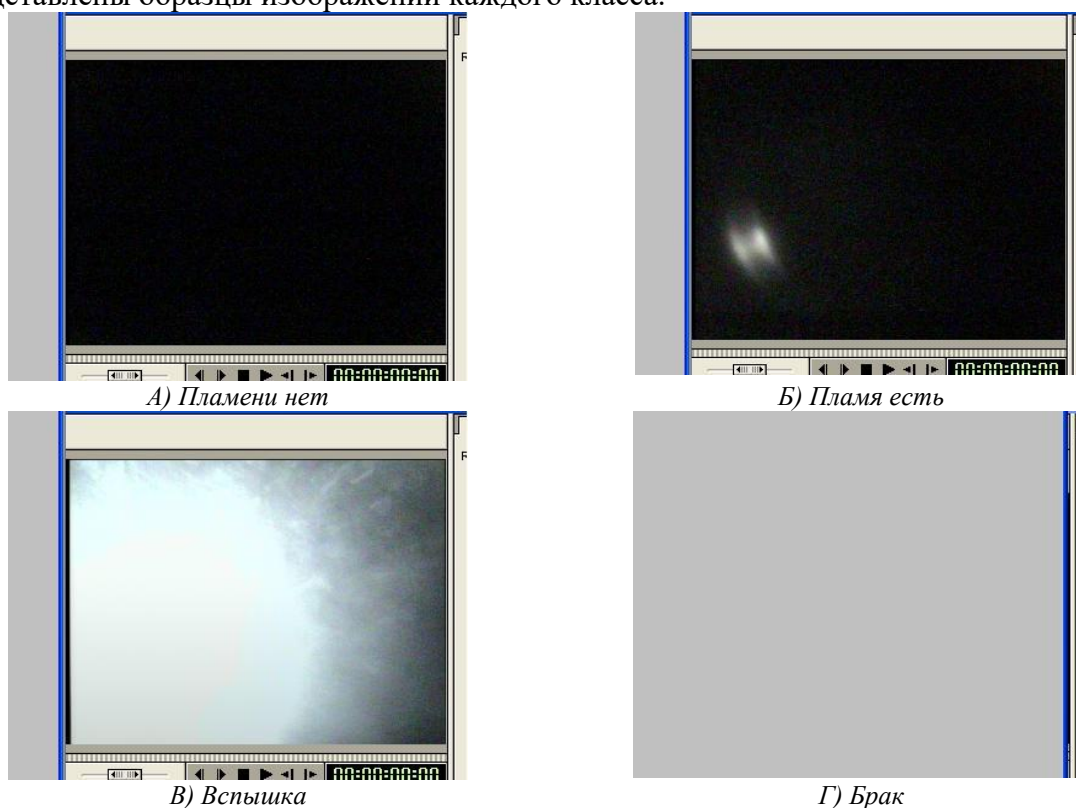


Рис. 1. Образцы изображений каждого из классов

Классификатор представляет собой свёрточную нейронную сеть, состоящую из четырёх последовательно расположенных блоков, в свою очередь состоящих из слоёв свёртки и объединения, и двух полносвязных слоёв [2]. После свёрточных слоёв и первого

полносвязного слоя применялась функция активации ReLU, после слоёв объединения – тождественная функция активации, после выходного слоя – функция активации softmax [3]. Архитектура классификатора представлена на рис. 2.

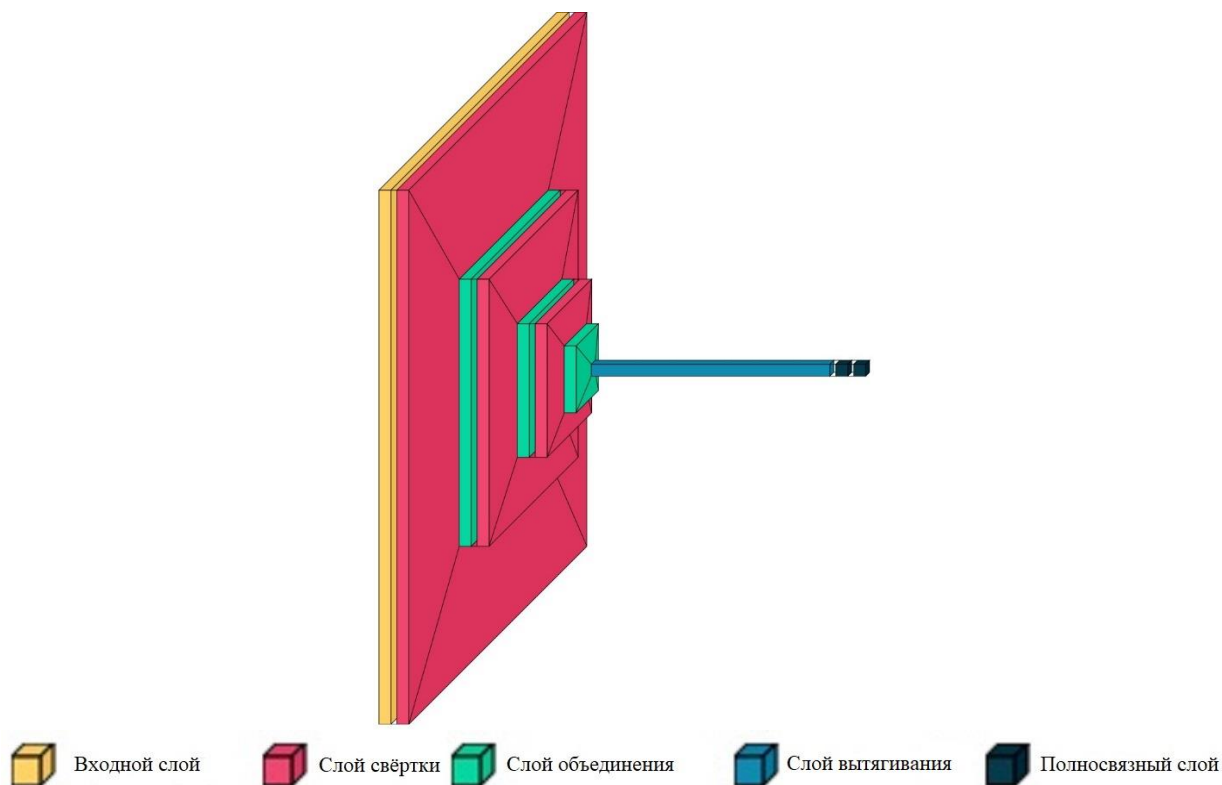


Рис. 2. Архитектура используемого классификатора

В работе были рассмотрены два варианта подачи изображения на вход нейронной сети: подача всего изображения и подача только области, соответствующей фотографии форсунок.

Исходный обучающий набор состоял из 46 изображений класса «Пламени нет», 37 «Пламя есть», 8 «Вспышка» и 10 «Брак». Данный набор был размножен до 808 образцов путём поворотов изображений на 90, 180 и 270 градусов и зеркального отображения каждого из полученных вариантов ориентации изображения.

При использовании классификатора в составе системы фиксации времени воспламенения топлива и потухания пламени, представляющую собой определённый специалистом алгоритм, большую стабильность показал тот вариант классификатора, который рассматривал только область, содержащую фотографию.

Список литературы

1. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД / Под ред. д.т.н. В.Е. Дорошенко. М.: Мир, 1986. 566 с.
2. Prince S. J. D. Understanding deep learning / MIT press, 2023.
3. Rosebrock A. Deep learning for computer vision with python: Starter bundle / PyImageSearch, 2017.

Сведения об авторах

Янук Андрей Владимирович, инженер ФАУ ЦИАМ им. П.И. Баранова. Область научных интересов: применение нейросетевых моделей для автоматизации расчётных и экспериментальных исследований.

Панов Егор Николаевич, инженер ФАУ ЦИАМ им. П.И. Баранова. Область научных интересов: развитие современных вычислительных методов в газовой динамике.

Тарасенко Антон Николаевич, начальник сектора ФАУ ЦИАМ им. П.И. Баранова, аспирант МАИ. Область научных интересов: развитие современных вычислительных методов в газовой динамике.

Певницкий Никита Михайлович, инженер ФАУ ЦИАМ им. П.И. Баранова. Область научных интересов: опытно-конструкторские разработка унифицированных модульных авиационных агрегатов.

Шлыков Даниил Алексеевич, инженер ФАУ ЦИАМ им. П.И. Баранова. Область научных интересов: оптические измерения при проведении испытаний.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE TOOLS FOR AUTOMATING FLAME REGISTRATION DURING THE CONDUCT AND PROCESSING OF EXPERIMENTAL RESULTS

Yanuck A.V.¹, Panov E.N.¹, Tarasenko A.N.¹, Pevnitsky N.M.¹

Central Institute of Aviation Motors imeni Baranova, Moscow, avyanuk@ciam.ru

Keywords: convolutional neural network, image processing automation.

In this paper a system to identify the time points corresponding to the ignition of fuel and the extinction of the flame in the tested model combustion chamber from an image including a photograph of the nozzles of the combustion chamber during the test was developed.