

УДК 004.891.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НОВООБРАЗОВАНИЙ, СОДЕРЖИМОГО И ДИВЕРТИКУЛОВ В ТОЛСТОМ КИШЕЧНИКЕ

Станислав Павлович Гаменюк¹, Илона Юрьевна Рассамагина³, Сергей Юрьевич Соколов¹, Анна Александровна Косова², Александр Сергеевич Нечитайло²

¹Кафедра медицинской физики и цифровых технологий

²Кафедра эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ

³ГАУЗ СО «Свердловский областной онкологический диспансер»

Екатеринбург, Россия

Аннотация.

Введение. Кишечный полип представляет собой тканевое образование, растущее из стенки кишечника в его просвет. Как правило, клинические проявления отсутствуют, за исключением небольшой, как правило скрытой, кровоточивости. Наибольшую угрозу представляет злокачественное перерождение, в большинстве случаев рак толстой кишки развивается из прежде доброкачественного аденоматозного полипа. Для диагноза необходима эндоскопия. **Цель исследования** – разработать методику классификации полипов, а также определения содержимого и дивертикулов с применением искусственных нейронных сетей. **Материал и методы.** Изображения с полипами, содержимым и дивертикулами распределены на массивы в соответствии с классом. После распределения были созданы тренировочный, оценочный и тестовый наборы данных. К изображениям применялся метод аугментации, для нейронной сети – оптимизация гиперпараметров. **Результаты.** Точность классификации нейронной сети на тестовых данных при 1000 эпохах обучения при использовании в обучении 4 классов изображений составила 74%, при использовании всех 7 классов без дублирования недостающего количества изображений составила – 61%. **Выводы.** Точность классификации изображения увеличивается с количеством эпох обучения. Для более гибкого определения класса на тестовом наборе данных необходимо систематически добавлять новые изображения полипов, содержимого и дивертикулов в существующий набор изображений.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, искусственный интеллект, классификация, эндоскопия, полипы.

USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR DETECTION OF NEOPLASMS, CONTENTS AND DIVERTICULES IN LARGE INTESTINE

Stanislaw P. Gamenyuk¹, Iлона Y. Rassamagina³, Sergey Y. Sokolov¹, Anna A. Kosova², Alexander S. Nechitailo²

¹Department of Medical Physics and Digital Technology

²Department of Epidemiology, Social Hygiene and Organization of the State Sanitary and Epidemiological Service

Ural state medical university
3Sverdlovsk regional oncological dispensary
Yekaterinburg, Russia

Abstract

Introduction. The intestinal polyp is a tissue formation growing from the intestinal wall into its lumen. As a rule, there are no clinical manifestations, with the exception of a small, usually latent, bleeding. The greatest threat is malignant degeneration, in most cases colon cancer develops from a previously benign adenomatous polyp. Endoscopy is required for diagnosis. **The purpose of the study** is to develop a methodology for the classification of polyps, as well as the determination of contents and diverticles using artificial neural networks. **Material and methods.** Images with polyps, contents and diverticles are distributed into arrays according to class. After allocation, training, evaluation, and test datasets were created. The augmentation method was applied to images, for the neural network - optimization of hyperparameters. **Results.** The accuracy of classification of the neural network on test data at 1000 learning eras when used in training 4 classes of images was 74%, when used all 7 classes without duplication of the missing number of images was - 61%. **Conclusions.** Image classification accuracy increases with the number of learning eras. For a more flexible class definition on the test dataset, new images of polyps, content, and diverticles must be systematically added to the existing set of images.

Keywords: artificial neural network, artificial intelligence, classification, endoscopy, polyps.

ВВЕДЕНИЕ

Искусственный интеллект - свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. В 1960 г. американский нейрофизиолог Ф. Rosenblatt предложил схему устройства, моделирующего процесс человеческого восприятия, и назвал его «перцептроном» [1].

На сегодняшний день, благодаря усиленному развитию компьютерных технологий, выделяют множество классов методов искусственного интеллекта, в котором центральное место занимает машинное обучение.

Машинное обучение решает большое количество задач в современном мире, к таким задачам относятся распознавание символов, речи, рукописного текста, анализ звуков. В медицине данный метод также нашел свое применение в задачах классификации эндоскопических, гистологических изображений. На сегодняшний день, очень важно предотвратить развитие рака толстой кишки на ранних стадиях, а также возможных дивертикулитов, при этом дифференцировать доброкачественное новообразование от злокачественного с максимальной точностью. Именно поэтому появилась потребность в создании нейронных сетей для данной цели [2].

Цель исследования — разработать методику распознавания полипов, содержимого и дивертикулов с применением искусственных нейронных сетей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для разработки был задействован набор данных “UralEndoData”, состоящий из 1504 изображений на момент написания статьи. Размер каждого изображения - 1248×860 . Формат файлов – jpg. Возраст всех пациентов – старше 18 лет.

Создание методики производилось на языке программирования Python 3 с помощью Google-сервиса – Google Colab. Для разработки были использованы следующие библиотеки: tensorflow, keras, matplotlib, opencv, sklearn, numpy, keras tuner.

Изображения, содержащиеся в изначальной директории, были профильтрованы согласно их меткам по 7 основным классам: норма, гиперпластический полип, аденоматозный полип, аденокарцинома (рак), дивертикул, содержимое, зубчатый полип. Затем данные изображения были преобразованы в соответствующие массивы. В соответствии с данной методикой профильтрованы и метки изображений в отдельные массивы.

Для уменьшения нагрузки на графический процессор Google Colab каждое изображение было пропорционально уменьшено в масштабе, для сохранения качества каждого изображения использовался метод `interpolation area` библиотеки `opencv` [3].

Для каждого изображения производилась нормализация, суть которой заключается в переводе значений пикселей в интервал от 0 до 1 – данная процедура необходима потому, что исходные значения признаков могут изменяться в очень большом диапазоне, и работа нейронной сети с такими данными может оказаться некорректной.

Следующий этап – создание нейронной сети, а также тренировочного, оценочного и тестового наборов данных.

Для создания нейронной сети была использована предобученная нейронная сеть ResNet50 с весами набора данных ImageNet. Для предотвращения переобучения, помимо аугментации, был также использован `dropout` перед последним и предпоследним слоями нейронной сети.

В связи с малым количеством набора дивертикулов, была разработана версия нейронной сети с 4 классами: норма, гиперпластический полип, аденоматозный полип и аденокарцинома. Тренировочный набор состоял из 320 экземпляров, оценочный – 80, тестовый – 100, соответственно. При помощи KerasTuner были подобраны гиперпараметры, необходимые для оптимального обучения: нейроны на выходном слое – 128, функция активации на выходном слое – `gelu`, оптимизатор – `adamax`, скорость обучения была снижена до 0,0001. После обучения нейронной сети на 200 эпохах точность работы нейронной сети на тестовом наборе данных составила 74%.

При использовании всех 7 классов необходимо было либо решить проблему недостающих дивертикулов методом дублирования, либо оставить их оптимальное количество для обучения нейронной сети. Исходя из первого варианта, в тренировочном наборе было использовано 10 экземпляров дивертикулов с дублированием до 100, в тестовом – 5 экземпляров с дублированием до 25. Тренировочный набор состоял из 560 изображений, оценочный – из 140, тренировочный – 175 изображений. Подобраны

гиперпараметры: 448 нейронов на выходном слое, функция активации - selu на выходном слое, оптимизатор – adadelta, скорость обучения – по стандарту. После обучения нейронной сети на 1000 эпохах точность классификации на тестовом наборе данных составляла 50%.

При втором варианте реализации нейронной сети – дивертикулы были использованы в изначальном количестве без дублирования. Тренировочный набор составил 488 изображений, оценочный – 122, тестовый – 155 изображений. Гиперпараметры: 128 нейронов на выходном слое, функция активации - selu на выходном слое, оптимизатор – adagrad, скорость обучения – стандартная. После обучения нейронной сети на 1000 эпохах точность классификации на тестовом наборе данных составила 61% (0.61).

Обучение с количеством эпох равное 1000 (Рис.1).

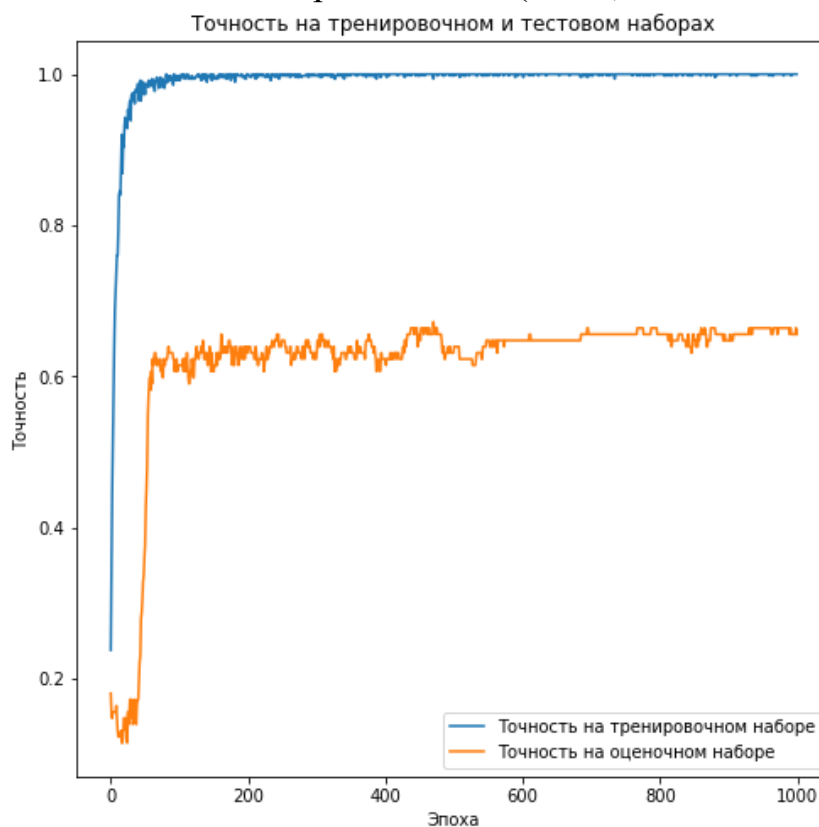


Рис. 1 Зависимость точности на тестовом и обучающем наборе данных от числа эпох без дублирования дивертикулов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Использовалась предобученная искусственная нейронная сеть ResNet50. Точность классификации увеличивается с количеством эпох обучения. Но остается при этом достаточно низкой вследствие малого объема исходных данных для обучения нейронной сети. Пути улучшения качества сегментации нейронной сети являются: увеличение объема данных.

ВЫВОДЫ

Была разработана стандартная методика классификации медицинских изображений с применением искусственной нейронной сети. Увеличение

точности дифференцирования наглядно отражено через графики обучения. Для улучшения качества работы необходимо увеличивать объем входных данных.

У данной разработки есть возможность применения в массовой диагностике, а также стать вспомогательным инструментом в спорных диагностических ситуациях в работе врача-эндоскописта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Rosenblatt, F. Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. Spartan Books, Washington DC. – 1962; 626.
2. Рак. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/cancer> (дата обращения: 13.03.2023). Текст: электронный.
3. OpenCV — сравнение алгоритмов интерполяции при изменении размеров изображения – URL: <https://robocraft.ru/computervision/3956> (дата обращения: 13.03.2023). Текст: электронный.

Сведения об авторах

С.П. Гаменюк* – ассистент кафедры медицинской физики и цифровых технологий.

И.Ю. Рассамагина – врач-эндоскопист ГАУЗ СО «Свердловский областной онкологический диспансер».

С.Ю. Соколов – заведующий кафедрой медицинской физики, информатики и математики, кандидат физико-математических наук, доцент.

А.А. Косова – заведующий кафедрой эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы, кандидат медицинских наук, доцент.

А.С. Нечитайло – ассистент кафедры эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы.

Information about the authors

S.P. Gamenyuk* – Assistant of the Department of Medical Physics and Digital Technologies.

I.Y. Rassamagina – endoscopist of the Sverdlovsk regional oncological dispensary.

S.Y. Sokolov – Head of the Department of Medical Physics, Computer Science and Mathematics, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor.

A.A. Kosova – Head of the Department of Epidemiology, Social Hygiene and Organization of the State Sanitary and Epidemiological Service, Candidate of Sciences (Medical), Associate Professor.

A.S. Nechitailo – Assistant of the Department of Epidemiology, Social Hygiene and Organization of the State Sanitary and Epidemiological Service.

***Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):**

stangamenuk@gmail.com

УДК 004.91:614.2

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ РЫНКА МЕДИЦИНСКИХ ИТ-ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ПАТЕНТНОЙ АНАЛИТИКИ

Марина Владимировна Герасименко¹, Алиса Алексеевна Каримова²

¹Кафедра инноватики и интеллектуальной собственности