ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПНЕВМОНИИ

Д.Ф. Пирова¹, Б.Э. Забержинский², А.Г. Золин²

¹ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва

² Самарский государственный технический университет, г. Самара

Статья посвящена исследованию методов проектирования интеллектуальных информационных систем и применение моделей искусственных нейронных сетей для диагностического прогнозирования развития пневмонии посредством анализа рентгеновских снимков. В этой работе основное внимание уделяется классификации пневмонии и туберкулеза - двух основных заболеваний грудной клетки - на основе рентгеновских снимков грудной клетки. Данное исследование проводилось при помощи открытой нейросетевой библиотеки Keras и языка программирования Python. Система дает пользователю заключение о том, болен он или нет, тем самым помогая врачам и медицинскому персоналу принять быстрое и информированное решение о наличии заболевания. Разработанная модель, может определить, является ли рентгеновский снимок нормальным или имеет отклонения, которые могут быть пневмонией с точностью 94,87%. Полученные результаты указывают на высокую эффективность применения нейронных сетей при диагностировании пневмонии по рентгеновским снимкам.

Ключевые слова: компьютерная диагностика, информационные системы, пневмония, анализ данных

ВВЕДЕНИЕ

Интеллектуальные системы и машинное обучение заменяет и / или дополняет людей в определенной области для эффективного и независимого выполнения задач. Здравоохранение - сфера внедрения интеллектуальных, информационных систем и машинных средств обучения позволяющих повысить эффективность клинической диагностики.

Обнаружение и классификация заболеваний грудной клетки на основе рентгенодиагностики являются необходимыми из-за требований предъявляемых к квалификации радиологов.

В настоящее время методы медицинской визуализации используются для выявления различных заболеваний, таких как опухоли при магнитно-резонансной томографии, а также рентгенографии при заболеваниях грудной клетки.

Kaggle, одна из перспективных платформ для развития исследований и работы с данными, предоставляет ученым возможность решения задач по медицинской визуализации для последующего обучения алгоритмов и получения достоверных результатов. В странах запада инвестируют большие финансовые средства в развитие интеллектуального медицинского оборудования для получения достоверных сведений при результатах проведения лучевой диагностики. В анализе медицинских изображений [1], [2] исследователи разрабатывают различные модели для разработки новых средств, методов обнаружения опухолей и диагностики рака [3-6] и профилактики заболеваний. Из-за ограниченного количества наборов изображений и конкретных характеристик, несмотря на

определенный достигнутый прогресс в различных областях, рассматриваемая задача остается сложной проблемой для точной и эффективной диагностики обнаружения тех или иных заболеваний.

Рассмотрим современные мировые тенденции использования интеллектуальных информационных систем в задаче обнаружения и диагностического прогнозирования развития пневмонии.

В исследовании ученых из Китая используется набор данных JSRT, предлагаемая методология заключается в определении наличия пневмонии посредством методов сегментации органов и последующей идентификации отчетов с помощью состязационной сети коррекции структуры (SCAN) [7]. Главным недостатком рассматриваемой работы является небольшой набор используемых данных, который преимущественно является синтетическим.

Авторами работы [8] использована модель CNN для классификации туберкулеза в рентгеновских лучах грудной клетки. Набор данных содержит 4701 изображение, из которых 453 помечены как нормальные, а 4258 - с наличием патологий. Окончательная точность, найденная после сети Alex, составляет около 85,68%, что является значительным улучшением по сравнению с выборкой без перемешивания, которая составляет 53,02%.

Исследователями был разработан алгоритм PnuemoXtention, который может обнаруживать пневмонию из изображения CXR для компенсации ошибок человека. Архитектура алгоритма состоит из совокупности двух 13-слойных сверточных нейронных сетей, обученных на наборе данных, предоставленных Радиологическим обществом Северной Америки, RSNA, содержащих 26 684

рентгеновских изображения, разделенных на категории наличия пневмонии, и без пневмонии, аннотированных профессиональными рентгенологами в Северной Америке [9].

Наиболее интересной является работа учёных Стенфордского университета [10]. В ней 121-слойную нейронную сеть обучили не только на обнаружение пневмонии, но и 13 других заболеваний. Набор используемых данных включал в себя более 100 000 рентгеновских снимков 14 видов заболеваний. Модель использует архитектуру DenseNet и веса от модели предобученной на ImageNet. Хотя точность алгоритма при обнаружении пневмонии составила 76%, при исследовании наличия других заболеваний результаты были гораздо выше.

Задачей настоящего исследования является разработка интеллектуальной системы для обнаружения аномалий на рентгенограммах грудной клетки на примере пневмонии. Разработанная модель позволит обнаружить пневмонию и сделать вывод о наличии или отсутствии рассматриваемой патологии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основной задачей данного исследования является обнаружение пневмонии на рентгеновских снимках, что относится к классу задач бинарной классификации. В качестве входных данных выступают рентгеновские снимки грудной клетки пациента, метка выхода которых находится в промежутке от 0 до 1, что характеризует вероятность отсутствия или наличия пневмонии соответственно.

Для решения данной задачи был выбран метод трансферного обучения, который является оптимальным и эффективным в задачах с ограниченным количеством данных. В данном методе на смену обучения сети, инициализированной со случайными весами, применяют веса модели, уже обученной на определенных данных. Оптимизированные для распознавания признаков веса, фиксируются на нижних уровнях модели, а веса верхних уровней переобучаются с помощью метода обратного распространения ошибки. Таким образом модель может распознавать объекты обучаясь на сравнительно небольших объемах данных и с меньшими затратами вычислительных мощностей.

Помимо рассматриваемых методов, использовались не проходившие предварительного обучения модели со случайной генерацией начальных весов.

В рамках исследования была применена разработанная нами модель сверточной нейронной сети VGG16, являющейся улучшенной версией AlexNet, в которой была произведена модернизация части замены больших фильтров (размера 11 и 5 в первом и втором сверточном слое, соответственно) на несколько фильтров размера 3x3, следующих один за другим. На вход первого сверточного слоя подаются

изображения размера 224x224. Затем изображения проходят через набор сверток, фильтры которых имеют маленькие рецептивные поля размера 3x3. Число параметров модели 14, 714 и 688.

Отметим, что помимо сверточной нейронной сети VGG16 в работе используются 3 небольшие модели для сравнения результатов работы с числом параметров модели 11.953.761, 3.451.777 и 3,812,993 соответственно.

В задачах бинарной классификации, последним полносвязным слоем во всех рассматриваемых архитектурах является слой с сигмоидной функцией активации, что позволяет иметь на выходе 1 канал. Значения за счет сигмоидной функции будут лежать в промежутке от 0 до 1. Классификация осуществляется посредством установки границы, в размере 0.5. Если предсказанное значение лежит в промежутке от 0.5 до 1, то изображение принадлежит классу соответствующему инфицированному пневмонией человеку, в обратном случае, здоровому.

Математическая модель и программная реализация системы были осуществлены с помощью библиотеки Keras языка программирования Python и обучены при использовании оптимизатора Adam.

Для оценки качества моделей использовался коэффициент Жаккара, который вычисляется следующим образом:

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A| + |B| - |A \cap B|},$$

где A – площадь прогнозируемой сегментации; B – истинная область сегментации.

В рамках экспериментальных исследований, во время обучения для каждой 16 изображений выполнялся градиентный спуск. Сверточная нейронная сеть VGG16 обучалась на протяжении 20 эпох с использованием трех различных подходов к обучению, включающих в себя инициализацию со случайными весами и не обучающихся предварительно.

Результатом исследования послужила точность предсказаний моделей на тестовом наборе изображений, что отражено в таблице 1.

Табл. 1. Вывод нейронной сети

Модель	Точность измерений
VGG16 Fine Tune	94.87%
VGG16 No weights	92.95%
VGG16 Frozen	87.02%
Модель №1 (adam)	88.62%
Модель №1 (RMSprop)	90.06%
Модель №2 (adam)	84.13%
Модель №2 (RMSprop)	80.93%
Модель №3 (adam)	85.42%
Модель №3 (RMSprop)	81.25%

Наиболее точные предсказания были получены посредством применения модели VGG16 с точностью измерений 94,87% верных предсказаний.

В качестве демонстрации работы нейронной сети VGG16, были взяты два случайных изображения из тестового набора, которые не участвовали в обучении. На рисунке 1 пациент болен пневмонией, диагноз которого был подтвержден с помощью модели с результатом вероятности 99.999856 %.

Рис. 1. Рентгенограмма легких пораженных пневмонией

Также модель была апробирована на изображении тестового набора рентгенограммы здоровых легких, что представлено на рисунке 2. Модель предсказала диагноз пациента об отсутствии у него пневмонии с точностью 75.5399 %.

Рис. 2. Рентгенограмма здоровых легких в отсутствии пневмонии

Для интерпретируемости результатов модели используются градиенты, полученные на конкретном уровне и на их основании формируется тепловая карта к изображению. Красные оттенки области показывают на что нейронная сеть чаще акцентирует внимание при обработке изображения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Математическая модель и программная реализация сверточных нейронных сетей хорошо справляются с распознаванием образов, что позволяет использовать их при обнаружении признаков пневмонии на рентгеновских снимках. По результатам исследования, трансферное обучение модели VGG16 показало лучший результат, 94,87% верных предсказаний, что позволяет применять его для решения вышеизложенной задачи исследования. Проблема интерпретируемости принятого решения моделью можно устранить посредством применения специального метода визуализации, представленного в исследовании, что дает пользователю заключение о том, болен он или нет, тем самым помогая врачам и медицинскому персоналу принять быстрое и информированное решение о наличии заболевания.

Также стоит отметить, что перспективным направлением дальнейших исследований является снижение вычислительных затрат при глубоком обучении за счёт современных парадигм программной реализации аппарата сверточных нейронных сетей с использованием многопоточного программирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Litjens, G., Kooi, T., and Bejnordi, B. E., "A survey on deep learning in medical image analysis," *Medical image analysis*, vol. 42, pp. 60-88, Dec. 2017.
2. Zhou, S. K., Greenspan, H., and Dinggang Shen, Deep learning for medical image analysis, eds. Academic Press, 2017.
3. Zhang, W., et al. "Deep convolutional neural networks for multi-modality isointense infant brain image segmentation," *NeuroImage*, vol.108, pp. 214-224, Mar. 2015.
4. Tajbakhsh, N., Shin, J.Y., and Gurudu, S.R., "Convolutional neural networks for medical image analysis: Full training or fine tuning?," *IEEE transactions on medical imaging*, vol.35(5), pp.1299-1312, Mar 2016.
5. Cireşan, D. C., Giusti, A., and Gambardella, L. M., "Mitosis detection in breast cancer histology images with deep neural networks," *In International conference on medical image computing and computer-assisted intervention*, pp. 411-418, Sept. 2013.
6. Shin, H. C., Roth, H. R., and Gao, M., Lu, "Deep convolutional neural networks for computer-aided detection: CNN architectures, dataset characteristics and transfer learning," *IEEE transactions on medical imaging*, vol. 35(5), pp.1285-1298, Feb. 2017.
7. Dai W., et.al. "SCAN: Structure Correcting Adversarial Network for Organ Segmentation in Chest X-Rays," in: Stoyanov D. et al. (eds) *Deep Learning in Medical Image Analysis and Multimodal Learning for Clinical Decision Support. DLMIA 2018*, vol. 11045, 2018. DOI:10.1007/978-3-030-00889-5_300
8. C. Liu et al., "TX-CNN: Detecting tuberculosis in chest X-ray images using convolutional neural network," *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 2314-2318, 2017 DOI: 10.1109/ICIP.2017.8296695.
9. S. Singh, "PneumoXtention: A CNN compensating for Human Fallibility when Detecting Pneumonia through CXR images with Attention," *12th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA)*, pp. 61-66, 2021.
10. Ker, J., et al. "Deep learning applications in medical image analysis," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 9375-9389, 2017.
11. Yakimov, V.N., Mashkov, A.V., and Zaberzhinskij, B.E., "Multi-threaded Approach to Software High-speed Algorithms for Spectral Analysis of Multi-component Signals," *XXI International Conference Complex Systems: Control and Modeling Problems (CSCMP)* (3-6 Sept. 2019), pp. 698 – 701, Sept. 2019.

Пирова Диёра Фаруховна – магистр института интеллектуальных и кибернетических систем, Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», тел. 9024135343, e-mail: DFPirova@mephi.ru.

Забержинский Борислав Эдуардович – доцент кафедры Информационные технологии, Институт Автоматики и информационных технологий, Самарский государственный технический университет ФГБОУ СамГТУ, тел. 9033348004, e-mail: zab.borislav@gmail.com

Золин Алексей Георгиевич – доцент кафедры Информационные технологии, Институт Автоматики и информационных технологий, Самарский государственный технический университет ФГБОУ СамГТУ, тел. 9379808655, e-mail: zolin.a.g@gmail.com

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS TO DETERMINE THE COORDINATES OF THE SEAT OF FIRE BY MULTIPOINT ELECTRO-OPTICAL SYSTEM

D.F. Pirova¹, B.E. Zaberzhinsky², A.G. Zolin²

¹*National Research Nuclear University MEPhI, Moscow*

²*Samara State Technical University, Samara*

Abstract – This paper is devoted to the study of methods of designing intellectual information systems and neural network models application on diagnostic prediction of pneumonia development by X-ray images analysis. This article focuses on the classification of pneumonia and tuberculosis - the two main chest diseases - based on chest x-rays. This study was carried out using the Keras open neural network library and the Python programming language. System returns user a conclusion whether the patient is ill or not helping medical staff to make a quick and informed decision about the presence of the disease. The developed model can determine is the X-ray image normal or has anomalies that can be pneumonia with accuracy up to 94.87%. The results obtained indicate the high performance of the applying neural networks in the diagnosis of pneumonia by X-ray images.

Index terms: computer diagnosis, information systems, pneumonia, data analysis.

REFERENCES

1. Litjens, G., Kooi, T., and Bejnordi, B. E., "A survey on deep learning in medical image analysis," *Medical image analysis*, vol. 42, pp. 60-88, Dec. 2017.
2. Zhou, S. K., Greenspan, H., and Dinggang Shen, *Deep learning for medical image analysis*, eds. Academic Press, 2017.
3. Zhang, W., et al. "Deep convolutional neural networks for multi-modality isointense infant brain image segmentation," *NeuroImage*, vol.108, pp. 214-224, Mar. 2015.
4. Tajbakhsh, N., Shin, J.Y., and Gurudu, S.R., "Convolutional neural networks for medical image analysis: Full training or fine tuning?," *IEEE transactions on medical imaging*, vol.35(5), pp.1299-1312, Mar 2016.
5. Cireşan, D. C., Giusti, A., and Gambardella, L. M., "Mitosis detection in breast cancer histology images with deep neural net-works," *In International conference on medical image computing and computer-assisted intervention*, pp. 411-418, Sept. 2013.
6. Shin, H. C., Roth, H. R., and Gao, M., Lu, "Deep convolutional neural networks for computer-aided detection: CNN architectures, dataset characteristics and transfer learning," *IEEE transactions on medical imaging*, vol. 35(5), pp.1285-1298, Feb. 2017.
7. Dai W., et.al. "SCAN: Structure Correcting Adversarial Network for Organ Segmentation in Chest X-Rays," in: Stoyanov D. et al. (eds) *Deep Learning in Medical Image Analysis and Multimodal Learning for Clinical Decision Support. DLMIA 2018*, vol. 11045, 2018. DOI:10.1007/978-3-030-00889-5_300
8. C. Liu et al., "TX-CNN: Detecting tuberculosis in chest X-ray images using convolutional neural network," *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 2314-2318, 2017 DOI: 10.1109/ICIP.2017.8296695.
9. S. Singh, "PneumoXtention: A CNN compensating for Human Fallibility when Detecting Pneumonia through CXR images with Attention," *12th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA)*, pp. 61-66, 2021.
10. Ker, J., et al. "Deep learning applications in medical image analysis," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 9375-9389, 2017.
11. Yakimov, V.N., Mashkov, A.V., and Zaberzhinskij, B.E., "Multi-threaded Approach to Software High-speed Algorithms for Spectral Analysis of Multi-component Signals," *XXI International Conference Complex Systems: Control and Modeling Problems (CSCMP) (3-6 Sept. 2019)*, pp. 698 – 701, Sept. 2019.

Pirova Diera Farukhovna – master's degree in Software Engineering, Institute of Cyber Intelligence Systems, National Research Nuclear University MEPhI, 8 (902)415343, e-mail: DFPirova@mephi.ru.

Zaberzhinsky Borislav Eduardovich – associate professor of the department of Information technologies, Institute of Automation and Information Technologies, Samara State Technical University, (903) 3348004, e-mail: zab.borislav@gmail.com.

Zolin Aleksey Georgievich – associate professor of the department of Information technologies, Institute of Automation and Information Technologies, Samara State Technical University, (937) 9808655, e-mail: zolin.a.g@gmail.com