

УДК 615.84+616-073.75

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-S-197-200>

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

The authors stated that there is no potential conflict of interest.

ЦИФРОВАЯ РАДИОЛОГИЯ, ТЕЛЕРАДИОЛОГИЯ

DIGITAL IMAGING, TELERADIOLOGY

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НЕЙРОСЕТЕВОГО РАСПОЗНАВАНИЯ СКОЛИОЗА ПО ЦИФРОВЫМ РЕНТГЕНОГРАММАМ ПОЗВОНОЧНИКА

Д. Х. И. Кассаб, С. В. Трухан, И. Г. Камышанская, В. М. Черемисин
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Городская Мариинская больница, Санкт-Петербург, Россия
Норвежский университет естественных наук, Норвегия

«Золотым стандартом» диагностики сколиоза является рентгенография позвоночника. Рентгенолог проводит измерения величины сколиоза по снимкам позвоночника с помощью линейки и транспортира либо с использованием полуавтоматических программных средств. Правильность измерений требует от врача повышенной концентрации внимания, проф. навыков и опыта. В работе представлены предварительные результаты использования разработанного нами метода автоматического распознавания сколиоза с помощью нейронной сети.

THE FIRST RESULTS OF NEURAL NETWORK RECOGNITION OF SCOLIOSIS BY DIGITAL RADIOGRAPHS OF THE SPINE

Dima Khaled Ibrahim Kassab, Stanislaw V. Trukhan,
Irina G. Kamyschanskaya, Vladimir M. Cheremislin
St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia
Mariinsky City Hospital, St. Petersburg, Russia

Spinal radiograph is considered the gold standard for the diagnosis of scoliosis. The radiologist measures the magnitude of scoliosis on radiographs manually using a ruler and a protractor or using semiautomatic measurement software. Correct measurement requires a high concentration, professional skills, and experience of the doctor. This paper presents preliminary results of the application of our newly developed method for automatic detection of scoliosis using a neural network.

Цель исследования. Разработка метода, основанного на искусственной нейронной сети, для автоматического определения сколиоза.

Материалы и методы. Подготовлен набор из 304 обезличенных цифровых рентгенограмм позвоночника, выполненных в прямой проекции. Рентгенограммы отобраны из электронного радиологического архива Городской Мариинской больницы. Каждому изображению в датасете была выполнена разметка, включающая координаты четырех опорных точек всех видимых тел позвонков. Наш метод определения сколиоза состоял из двух этапов. На первом этапе обучали нейросетевую модель для определения всех позвонков и четырех опорных точек каждого тела позвонка. Использовали модель на основе Faster R-CNN [1] с дополнительными слоями в головной части сети для определения опорных точек. Во время обучения применялась аугментация, меняющая размеры изображения с сохранением изначальных пропорций. На втором этапе оценивали степень искривления позвоночника по результатам обнаружения позвонков нейронной сетью, включающие вероятности обнаружения и координаты четырех опорных точек для каждого позвонка. Для вычисления дуг искривления позвоночника мы реализовали три алгоритма: (1) классический метод Кобба, где угол сколиоза строился между верхней гранью верхнего и нижней гранью нижнего конечного позвонка, (2) на практике выверенный метод Кобба, где угол сколиоза строился между максимально наклоненными гранями двух конечных позвонков и (3) метод средних линий, при котором угол сколиоза вычисляли между максимально наклоненными средними линиями тел конечных позвонков. Чтобы оценить качество работы нашей модели в распознавании сколиоза, мы вычислили чувствительность и специфичность метода на тестовой

выборке. Она включала 74 снимка здоровых пациентов с углом Кобба 5° и 91 снимок больных с углом Кобба 5° и выше.

Результаты. Основным этапом нашего метода является обучение нейронной сети для определения позвонков и опорных точек тел позвонков. Согласно широко применяемой метрике mAP [1] мы оценили качество детекции позвонков. Обученная сеть показала, что метрика mAP@.7 равна 0,761 для модели, обученной на 243 изображениях. Метрики для здоровых лиц и со сколиозом 5° и более: чувствительность 0,978, специфичность 0,27. Наш метод имел относительно высокую чувствительность, ошибаясь в случаях, где угол был близок к пороговому значению 5°. Однако, специфичность метода оказалась довольно низкой. Это связано с неточностью в определении координат граней тел позвонков. Третий метод измерения угла сколиоза показал пока лучший результат, так как он строился по двум граням, усредняя ошибку определения координат опорных точек.

Заключение. Сколиоз является широко распространенным заболеванием, как у детей, так и взрослых [2]. Основным способом оценки сколиоза по рентгенограммам остается метод Кобба [3]. Точное измерение угла Кобба проблематично по многим причинам [4]. Мы проанализировали первые результаты работы нейросетевой модели в распознавании сколиоза по рентгенограммам позвоночника. Метод уже на малой выборке показывает удовлетворительные результаты, хотя всё еще требует доработки. Уверены, что тренировка нейронной сети на расширенном датасете, а также использование более разнообразной аугментации улучшит работу метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ren S., He K., Girshick R., Sun J. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2017. Vol. 39, No. 6. P. 1138–1149. doi: 10.1109/TPAMI.2016.2577031.
2. Machida M., Weinstein S.L., Dubousset J. *Pathogenesis of idiopathic scoliosis*. Tokyo: Springer Nature, 2018. 124 p.
3. 2016 SOSORT guidelines: orthopedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and Spinal Disorders*, 2018. Available at: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13013-017-0145-8> (accessed: 20.03.2021).
4. Lee J. G., Jun S., Cho Y.-W., Lee H., Kim G. B., Seo J. B., Kim N. Deep Learning in Medical Imaging: General Overview // *Korean J. Radiol*. 2017. Vol. 8, No. 4. P. 570–584.

REFERENCES

1. Ren S., He K., Girshick R., Sun J. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2017. Vol. 39, No. 6. P. 1138–1149. doi: 10.1109/TPAMI.2016.2577031.
2. Machida M., Weinstein S. L., Dubousset J. *Pathogenesis of idiopathic scoliosis*. Tokyo: Springer Nature, 2018. 124 p.
3. 2016 SOSORT guidelines: orthopedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and Spinal Disorders*, 2018. Available at: <https://scoliosisjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13013-017-0145-8> (accessed: 20.03.2021).
4. Lee J. G., Jun S., Cho Y.-W., Lee H., Kim G. B., Seo J. B., Kim N. Deep Learning in Medical Imaging: General Overview // *Korean J. Radiol*. 2017. Vol. 8, No. 4. P. 570–584.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 16.02.2022 г.

Контакт/Contact: Камышанская Ирина Григорьевна, dimakk87@gmail.com

Сведения об авторах:

Кассаб Дима Халед Ибрагим — аспирант курса лучевой диагностики и лучевой терапии кафедры онкологии медицинского факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: spbu@spbu.ru; e-mail: dekanatmf@med.spbu.ru; e-mail: dimakk87@gmail.com;

Трухан Станислав Вячеславович — аспирант факультета науки и технологий Норвежского университета естественных наук; Норвегия, 1432 Ос, Дребакевейен, д. 31; e-mail: post-realtel@nmbu.no;

Камышанская Ирина Григорьевна — кандидат медицинских наук, доцент курса лучевой диагностики и лучевой терапии кафедры онкологии медицинского факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: spbu@spbu.ru; врач-рентгенолог высшей категории рентгеновского отделения Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская Марининская больница»; 191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 56; e-mail: dekanatmf@med.spbu.ru;

Черемисин Владимир Максимович — доктор медицинских наук, профессор курса лучевой диагностики и лучевой терапии кафедры онкологии медицинского факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: spbu@spbu.ru; заведующий отделом лучевой диагностики Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская Марининская больница»; 191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 56; e-mail: vm_cher@mail.ru.

ВЛИЯНИЕ НАЛИЧИЯ КЛИНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЗАКЛЮЧЕНИЕ ВРАЧА-РЕНТГЕНОЛОГА НА ПРИМЕРЕ ОПИСАНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОГРАММ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

В. А. Нечаев, А. Ю. Васильев

Московский государственный медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова, Москва, Россия

В работе оценивается влияние наличия анамнестических и клинико-лабораторных данных на заключение врача-рентгенолога. Для этого проводится сравнение двух групп протоколов описания рентгенограмм органов грудной клетки, выполненных пятью рентгенологами с различным опытом работы: на первом этапе без наличия и на втором — с наличием клинической информации.

INFLUENCE OF THE PRESENCE OF CLINICAL INFORMATION ON THE RADIOLOGY REPORT OF DIGITAL CHEST RADIOGRAPHY

Valentin A. Nechaev, Alexander Yu. Vasil'ev

Moscow State Medical University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Moscow, Russia

This work evaluates the impact of the presence of anamnestic, clinical and laboratory data on the radiology report. Two groups of digital chest radiography reports are compared which performed by five radiologists with different work experience: at the first stage without and at the second stage with the presence of clinical information.

Цель исследования. Оценить влияние наличия анамнестических и клинико-лабораторных данных на заключение врача-рентгенолога при описании цифровых рентгенограмм органов грудной клетки.

Материалы и методы. Ретроспективно двумя рентгенологами с опытом работы в классической рентгенологии 5 и 7 лет были отображены 60 цифровых рентгенограмм органов грудной клетки в прямой проекции, из которых 40 с различными патологическими изменениями (15 рентгенограмм с одним признаком, 21 — с двумя, 4 — с тремя, всего 69), 20 — без них. Все патологические находки отчетливо визуализировались на рентгенограммах и подтверждались по данным компьютерной томографии. В дальнейшем было предложено дважды проанализировать отобранные рентгенограммы ординатору второго года обучения, врачам-рентгенологам с опытом работы в классической рентгенологии 1, 3, 5 и 10 лет. На первом этапе были предоставлены рентгенограммы без дополнительной информации, а через месяц те же

рентгенограммы уже с наличием кратких анамнестических и клинико-лабораторных данных, взятых из реальных историй болезни. Таким образом, каждый из испытуемых описал 120 рентгенограмм.

Результаты. В результате проведенного анализа было определено, что количество выявленных патологических изменений на втором этапе (при наличии дополнительных клинико-лабораторных данных) выросло на 5,4–37,5% (в среднем на 15,3%), при чем большие значения определялись у ординатора второго года обучения и рентгенологов с опытом работы 1 и 3 года, т.е. у молодых специалистов. Значения показателей диагностической эффективности также выросло у всех испытуемых в разной степени. Так показатели чувствительности, специфичности и точности у ординатора второго года обучения выросли с 43,6%, 51,3% и 47,4% до 60,6%, 54,1% и 57,1%; у врача-рентгенолога с опытом работы 1 год с 51,3%, 61%, 55,6% до 76,3%, 64,5%, 71%; у врача-рентгенолога с опытом работы 3 года с 68,6%, 47,3%, 57,5% до 73,7%, 58,1% и 64,8%; у врача-рентгенолога с опытом работы 5 лет с 72,5%, 64,5%, 69% до 74,1%, 64,5%, 73%; и у врача-рентгенолога с опытом работы 10 лет с 67,7%, 42,5%, 53,5% до 86,8%, 65,5%, 77,6% соответственно.

Заключение. Наличие анамнестических и клинико-лабораторных данных повышает диагностические показатели в выявлении и интерпретации патологических изменений рентгенологами при анализе цифровых рентгенограмм органов грудной клетки. Таким образом, всем участникам диагностического процесса (направляющий врач на исследование, пациент, рентгенолог) необходимо как можно в полной мере отображать, анализировать и сопоставлять соответствующую информацию с рентгенологической картиной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мелдо А.А. Разработка и оценивание процессов системы менеджмента качества в условиях отделения лучевой диагностики бюджетного специализированного медицинского учреждения // *Лучевая диагностика и терапия*. 2018. № 1. С. 5–10.
2. Синицын В.Е., Комарова М.А., Мершина Е.А. Протокол рентгенологического описания: прошлое, настоящее, будущее // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2014. № 3. С. 35–40.
3. Castillo C., Steffens T., Sim L., Caffery L. The effect of clinical information on radiology reporting: a systematic review // *J. Med. Radiat. Sci.* 2020. Vol. 68, No. 1. P. 60–74.
4. Glenn-Cox S., Hird K., Sweetman G., Furness E. Radiology teaching for interns: Experiences, current practice and suggestions for improvement // *J. Med. Imaging Radiat. Oncol.* 2019. Vol. 63, No. 4. P. 454–460.

REFERENCES

1. Meldo A.A. Development and evaluation of the processes of the quality management system in the conditions of the radiology department of a budgetary specialized medical institution. *Radiation diagnostics and therapy*, 2018, No. 1, pp. 5–10 (In Russ.).
2. Sinitsyn V.E., Komarova M.A., Merzhina E.A. X-ray description protocol: past, present, future. *Bulletin of radiology and radiology*, 2014, No. 3, pp. 35–40 (In Russ.).
3. Castillo C., Steffens T., Sim L., Caffery L. The effect of clinical information on radiology reporting: a systematic review // *J. Med. Radiat. Sci.* 2020. Vol. 68, No. 1. P. 60–74.
4. Glenn-Cox S., Hird K., Sweetman G., Furness E. Radiology teaching for interns: Experiences, current practice and suggestions for improvement // *J. Med. Imaging Radiat. Oncol.* 2019. Vol. 63, No. 4. P. 454–460.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 30.01.2022 г.

Контакт/Contact: Нечаев Валентин Александрович, dfkz2005@gmail.com

Сведения об авторах:

Нечаев Валентин Александрович — кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 127473, Москва, Делегатская ул., 20, стр. 1;

Васильев Александр Юрьевич — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», профессор кафедры лучевой диагностики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И.Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 127473, Москва, Делегатская ул., 20, стр. 1.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИНСТРУМЕНТОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВРАЧЕЙ ПЕРВИЧНОГО ЗВЕНА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ РИСКА ВЕНОЗНОГО ТРОМБОЗ

Г.А. Розыходжаева, З.А. Жураев

Центральная клиническая больница № 1 Главного медицинского управления при Администрации Президента Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан

Центр развития профессиональной квалификации медицинских работников, Ташкент, Узбекистан

Разработка мобильного приложения упростит семейным врачам отбор пациентов с подозрением на тромбоз глубоких вен, направление их на дальнейшие диагностические исследования и направление пациентов к узким специалистам путем записи результатов диагностических тестов на основе модифицированных критериев.

RELEVANCE OF DECISION SUPPORT TOOLS FOR PRIMARY CARE PHYSICIANS IN DETERMINING THE RISK OF VENOUS THROMBOSIS

Gulnora A. Rozikhodjaeva, Zokhidjon A. Juraev

Central Clinical Hospital No. 1, Head Medical Department under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan

The development of a mobile application will make it easier for family physicians to select patients with suspected deep vein thrombosis, refer them for further diagnostic tests, and refer patients to subspecialists by recording diagnostic test results based on modified criteria.

Цель исследования. Разработка алгоритмов и мобильного электронного приложения для определения риска венозного тромбоза для семейных врачей

Материалы и методы. При создании алгоритмов и мобильного приложения учитываются возраст, пол, вес пациента, наличие жалоб таких, как боль, покалывание в ногах, наличие отека нижних конечностей, повышение температуры кожных покровов, покраснение, припухлость раны на ноге, расширение поверхностных вен, разницу в окружности нижних конечностей, наличие гиподинамии (иммобилизация более 3 дней, наличие гипсовой повязки), онкологическое заболевание в анамнезе, ранее проведенная операция, послеоперационное состояние, подозрение на ТГВ, то есть учитываются все риски тромбоза глубоких вен нижних конечностей. Если врач идентифицирует эти симптомы и фиксирует их в приложении, программа автоматически рассчитает риск тромбоза с помощью баллов и поместит эту информацию в базу данных. Оценка 0 — низкий риск, средний риск 1–2 балла, 3 или выше — высокий риск тромбоза глубоких вен. В зависимости от риска врач назначит дальнейшие обследования пациента. При высоком и среднем риске пациенту назначается ультразвуковое исследование и анализ D-димера. В зависимости от результатов D-димера и УЗИ можно в короткие сроки определить, следует ли направить пациента к узкому специалисту.

Результаты. Ультразвуковое исследование и анализ D-димера — это диагностический подход, который может охватить пациентов с подозрением на ТГВ в больницах и клиниках. При обнаружении тромбоза глубоких вен голени D-димер имеет чувствительность 91%, специфичность 55%, ультразвуковое исследование имеет чувствительность 94% при проксимальном тромбозе и 64% чувствительность при тромбозе дистального отдела, специфичность 94% в обоих случаях. Компьютерная томографическая ангиография имеет чувствительность 95%, специфичность 97% при тромбозах, магнитно-резонансная ангиография имеет чувствительность 92% и специфичность 95%. Несмотря на такую высокую вероятность диагностических тестов, тромбоз по-прежнему ассоциируется с эмболией, и уровень

его смертности остается высоким. Такие пациенты сначала обращаются к семейным врачам в отделении первичной медико-санитарной помощи, затем к узким специалистам. Чтобы диагностировать венозную тромбозную эмболию, семейным врачам необходимо руководство и алгоритм действий для первичной диагностики.

Заключение. Растущие объемы информации, появление новейших диагностических и лечебных технологий требуют принципиально иных подходов к обработке и интерпретации медицинских данных, возможности накопления, хранения и использования опыта квалифицированных специалистов. Создание мобильного электронного приложения для врачей первичного звена, в том числе и в самых удаленных сельских семейных поликлиниках поможет быстро и легко отбирать, диагностировать и направлять пациентов с тромбозом глубоких вен нижних конечностей с высоким риском смерти и сердечно-сосудистых осложнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чинакал В.О. *Интеллектуальные системы и технологии*: учебное пособие. М.: РУДН, 2008. 303 с.: ил.
2. Люгер Дж.Ф. *Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем*. М.: ИД «Вильямс», 2003. 432 с.
3. Courtney D.M., Kline J. A. Identification of prearrest clinical factors associated with outpatient fatal pulmonary embolism // *Acad. Emerg. Med.* 2001. Vol. 8, No. 12. P. 1136–1142.
4. Goodacre S., Sampson F., Stevenson M., Wailoo A., Sutton A., Thomas S., Locker T., Ryan A. Measurement of the clinical and cost-effectiveness of non-invasive diagnostic testing strategies for deep vein thrombosis // *Health Technology Assessment*. 2006; Vol. 10, No. 15.
5. Wells P.S., Owen C., Doucette S., Fergusson D., Tran H. Does this patient have deep vein thrombosis? // *JAMA*. 2006; 295: 199–207.

REFERENCES

1. Chinakal V.O. *Intelligent systems and technologies*: textbook. Moscow: RUDN University Press, 2008. 303 p.: ill. (In Russ.).
2. Luger J.F. *Artificial intelligence: strategies and methods for solving complex problems*. Moscow: Williams Publishing House, 2003. 432 p. (In Russ.).
3. Courtney D.M., Kline J. A. Identification of prearrest clinical factors associated with outpatient fatal pulmonary embolism // *Acad. Emerg. Med.* 2001. Vol. 8, No. 12. P. 1136–1142.
4. Goodacre S., Sampson F., Stevenson M., Wailoo A., Sutton A., Thomas S., Locker T., Ryan A. Measurement of the clinical and cost-effectiveness of non-invasive diagnostic testing strategies for deep vein thrombosis // *Health Technology Assessment*. 2006. Vol. 10, No. 15.
5. Wells P.S., Owen C., Doucette S., Fergusson D., Tran H. Does this patient have deep vein thrombosis? // *JAMA*. 2006. Vol. 295. P. 199–207.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 17.01.2022 г.
Контакт/Contact: Rozikhodjaeva Gulnora, gulnoradm@inbox.ru

Сведения об авторах:

Розыходжаева Гульнора Ахмедовна — доктор медицинских наук, руководитель отделения функциональной диагностики ЦКБ № 1 Центральной клинической больницы № 1 Главного медицинского управления при Администрации Президента Республики Узбекистан; Узбекистан, 100143, Ташкент, ул. Мохларойим, д. 40; gulnoradm@inbox.ru;
Жураев Зохиджон Абдужалилович — ассистент кафедры ультразвуковой диагностики Центра развития профессиональной квалификации медицинских работников Центральной клинической больницы № 1 Главного медицинского управления при Администрации Президента Республики Узбекистан; Узбекистан, 100143, Ташкент, ул. Мохларойим, д. 40.

Открыта подписка на 2-е полугодие 2022 года.

Подписной индекс:

Объединенный каталог «Пресса России» 42177

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАТОЛОГИИ ЛЕГКИХ ПО РЕНТГЕНОГРАММАМ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

¹Н. Е. Староверов, ^{2,3}И. Г. Камышанская, ^{2,3}В. М. Черемисин, ⁴Е. Г. Гордиенко, ¹Н. Н. Потрахов

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³Городская Мариинская больница, Санкт-Петербург, Россия

⁴ООО «Мед-Рей», Санкт-Петербург, Россия

В работе описана модель классификации патологий по рентгеновским изображениям органов грудной клетки, основанная на сверточной нейронной сети. Разработанная модель позволяет определять на рентгенограммах пока только такие патологические изменения, как ателектаз, пневмонию и эмфизему мягких тканей. Результаты работы модели на тестовых данных показали высокую точность распознавания патологий.

DETERMINATION OF LUNG PATHOLOGY ON RADIOGRAMS OF THE CHEST ORGANS USING NEURAL NETWORKS

¹Nikolai E. Staroverov, ^{2,3}Irina G. Kamyshanskaya, ^{2,3}Vladimir M. Cheremisin, ⁴Elena G. Gordienko, ¹Nikolai N. Potrakhov

¹St. Petersburg State Electrotechnical University «LETI» named after V. I. Ulyanov (Lenin), St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

³Mariinsky City Hospital, St. Petersburg, Russia

⁴ООО «Med-Rey», St. Petersburg, Russia

The paper describes a model for the classification of pathologies by x-ray images of the chest, based on a convolutional neural network. The developed model allows to determine on radiographs only such pathological changes as atelectasis, pneumonia and emphysema of soft tissues. The results of the model operation on test data showed a high accuracy of pathology recognition.

Цель исследования. Разработка модели на основе сверточной нейронной сети для классификации рентгенограмм органов грудной клетки в поисках определенных патологических изменений.

Материалы и методы. Для создания модели распознавания отдельных заболеваний органов грудной клетки (ОГК) по рентгеновским изображениям в прямой проекции были собраны наборы данных для машинного обучения и тестирования. Обезличенные рентгенограммы ОГК были получены из радиологического электронного архива «Архимед» («Мед-Рей») СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница». Для всех снимков была проведена разметка опытными врачами-рентгенологами. Всего было собрано 1600 рентгенограмм ОГК, выполненных в прямой проекции. Из них: 644 снимка были без патологических изменений, 504 — с рентгеновскими признаками пневмонии, 248 — с ателектазом легких и 204 — с эмфиземой мягких тканей. На первом этапе было необходимо выбрать архитектуру сверточной нейронной сети. В качестве исходных был выбран ряд широко распространенных моделей, а именно: VGG16, VGG19 [1], Inception-V3, ResNet34, ResNet50, ResNet101 [2]. Каждая из этих моделей была обучена, после чего определена оптимальная модель для использования согласно поставленной цели. Были использованы сети, предварительно обученные на наборе данных ImageNet. Ввиду того, что изображения, которые содержит ImageNet в большинстве своем достаточно сильно отличаются от рентгеновских снимков, потребовалось обучать не только последний слой (классификатор), но и последний и предпоследние сверточные слои. Наилучших результатов удалось достичь, используя для обучения различных слоев отличающиеся скорости. Так, наименьшую скорость обучения имел сверточный слой, находящийся ближе всего ко входу сети, а наибольшую — линейный классификатор.

Результаты. Для каждой рассматриваемой базовой архитектуры сети было проведено 30 экспериментов с определением параметров по случайной сетке, в результате чего каждая сеть обучалась по оптимальным параметрам. Высоких результатов удалось достичь, используя сеть архитектуры ResNet101. Тренировка осуществлялась 92 эпохи и была выпол-

нена на графическом процессоре для сокращения времени обучения. В ходе обучения удалось максимально повысить результат метрики — recall, так как в задачах, связанных с поиском патологии, больший вес имели пропущенные случаи, а не ложные варианты. Установлено, что наибольшее количество ошибок модель допускала между классами пневмония и ателектаз, а лучше всего она определяла класс «Без патологии».

Заключение. Таким образом, была разработана модель на основе сверточной нейронной сети архитектуры ResNet101, которая может определять отдельные патологические изменения по рентгенограммам органов грудной клетки. Для всех типов патологий были достигнуты значения f-меры более 0,85, что сравнимо с данными недавних работ схожей тематики. При использовании модели для определения патологии без уточнения её типа достигается полнота 0,98, что позволяет использовать разработанную модель в системах поддержки принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. He K. et al. Deep residual learning for image recognition // *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016. P. 770–778.
2. Szegedy C. et al. Rethinking the inception architecture for computer vision // *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016. P. 2818–2826.
3. Paszke A. et al. Pytorch: An imperative style, high-performance deep learning library // *Advances in neural information processing systems*. 2019. Vol. 32. P. 8026–8037.
4. Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю., Камышанская И.Г., Потрахов Н.Н., Холопова Е.Д. Метод повышения информативности рентгеновских снимков // *Russian Technological Journal*. 2021. Т. 9, № 6. С. 57–63.

REFERENCES

1. He K. et al. Deep residual learning for image recognition // *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016. P. 770–778.
2. Szegedy C. et al. Rethinking the inception architecture for computer vision // *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016. P. 2818–2826.
3. Paszke A. et al. Pytorch: An imperative style, high-performance deep learning library // *Advances in neural information processing systems*. 2019. Vol. 32. P. 8026–8037.
4. Staroverov N.E., Gryaznov A.Yu., Kamyshanskaya I.G., Potrakhov N.N., Kholopova E.D. Method for increasing the information content of x-rays. *Russian Technological Journal*, 2021, Vol. 9, No. 6, pp. 57–63 (In Russ.).

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 13.02.2022 г.

Контакт/Contact: Камышанская Ирина Григорьевна, nik0205@mail.ru

Сведения об авторах:

Староверов Николай Евгеньевич — ассистент кафедры электронных приборов и устройств федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)»; 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5; e-mail: nik0205@mail.ru;

Камышанская Ирина Григорьевна — кандидат медицинских наук, доцент курса лучевой диагностики и лучевой терапии кафедры онкологии медицинского факультета Санкт-Петербургского государственного университета; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: dekanatmi@med.spbu.ru; врач-рентгенолог высшей категории рентгеновского отделения Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская Мариинская больница»; 191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 56; e-mail: www.mariin.ru;

Черемисин Владимир Максимович — доктор медицинских наук, профессор курса лучевой диагностики и лучевой терапии кафедры онкологии медицинского факультета Санкт-Петербургского государственного университета; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: dekanatmi@med.spbu.ru; заведующий отделом лучевой диагностики Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская Мариинская больница»; 191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 56; e-mail: www.mariin.ru;

Гордиенко Елена Гарриевна — управляющая ООО «Мед-Рей»; 129343, Москва, проезд Серебрякова, д. 11, корп. 1, эт. 1, помещение I, комнаты 1–7, e-mail: Elka7771@gmail.com;

Потрахов Николай Николаевич — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электронных приборов и устройств федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)»; 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5; e-mail: nik0205@mail.ru.