

ЦИФРОВАЯ РАДИОЛОГИЯ, ТЕЛЕРАДИОЛОГИЯ

DIGITAL IMAGING, TELERADIOLOGY

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПОМОЩЬ ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОДОЛЬНОГО ПЛОСКОСТОПИЯ ПО РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

²А. Е. Лобищева, ^{1,2}В. М. Черемисин, ²И. Г. Камышанская,
³Д. С. Блинов

¹СПб ГБУЗ «Городская Марининская больница», Санкт-Петербург,
Россия

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
Санкт-Петербург, Россия

³Компания Care Mentor AI, Москва, Россия

Точная рентгенодиагностика степени плоскостопия является непростой задачей для рентгенолога, так как требует много времени для измерений и опыта работы. С целью создания программы анализа рентгенограмм стоп на основе искусственного интеллекта проведено машинное обучение на 5184 обезличенных цифровых рентгенограммах стоп, выполненных в боковой проекции с нагрузкой. Последующее тестирование программы показало высокую точность и скорость рентгенодиагностики, с рекомендацией ее применения в практике.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO HELP DETERMINE LONGITUDINAL FLATFOOT FROM X-RAY IMAGES

²Alina Ye. Lobishcheva, ^{1,2}Vladimir M. Cheremisin,
²Irina G. Kamyshanskaya, ³Dmitriy S. Blinov

¹SPb GBUZ «Mariinsky City Hospital», St. Petersburg, Russia

²FSBEI HE «St. Petersburg State University», St. Petersburg, Russia

³Care Mentor AI, Moscow, Russia

Accurate x-ray diagnosis of the degree of flat feet is not an easy task for the radiologist, because it requires a lot of time for measurements and work experience. In order to create a program for analyzing foot X-ray patterns based on artificial intelligence, machine learning was conducted on 5184 anonymous digital foot radiographs performed in a lateral projection with a load. Testing the program showed high accuracy and speed of diagnosis, with a recommendation for its use in practice.

Цель исследования: создание компьютерной программы анализа рентгенограмм стоп в боковой проекции на основе обучения искусственного интеллекта с последующим ее тестированием.

Материалы и методы. Для обучения искусственного интеллекта (ИИ) была использована база данных, состоящая из 5184 обезличенных цифровых рентгенограмм стоп, выполненных с нагрузкой в боковой проекции пациентам с разной степенью продольного плоскостопия (3458) и с нормальным сводом стопы (1726). На стадии обучения ИИ/нейросети каждый рентгеновский снимок был размечен двумя рентгенологами. Угол продольного свода (УПС) стопы определяли по методике И. О. Богданова [3]. Рабочий процесс обучения ИИ состоял из трех этапов: предварительная обработка изображения с помощью нейронной сети, так называемая нормализация снимка; сегментация снимка в виде выделения трех областей стопы — ограничивающих рамок вокруг исковых точек; определение положения реперных точек, с последующим построением УПС и расчетом степени плоскостопия [3, 4]. Для тестирования компьютерной программы анализа рентгенограмм стоп, разработанной компанией «Care Mentor AI», на основе обученного ИИ, было использовано 54 рентгенограммы, ранее не участвовавших в обучении нейронной сети.

Результаты. При тестировании программы выполнены измерения по рентгенограммам стоп в боковой проекции врачом-рентгенологом и с помощью ИИ. Полученные углы продольного свода были сопо-

ставлены. По результату тестирования программы средняя разница между углом, полученным с помощью ИИ и рентгенологом, была 1,27° ($p > 0,05$), что не является существенным различием. По результатам измерений двух рентгенологов еще на этапе обучения программы ИИ разница средней величины УПС составила 1,18°. Точность работы нейронной сети составила 94,4%. Времени для анализа рентгенограммы ИИ понадобилось в 6000 раз меньше, чем рентгенологу. 1. Искусственный интеллект может быть надежным и быстрым помощником рентгенолога в определении продольного плоскостопия, так как показывает результаты точности, сопоставимые с опытным врачом, и использует в 6000 раз меньше времени для диагностики. 2. Компьютерный анализ диагностических изображений точен, лишен субъективности, исключает ошибки, связанные с человеческим фактором. 3. Тестирование компьютерной программы на основе ИИ, разработанной компанией «Care Mentor AI», показало возможность ее применения в практике рентгенолога.

Заключение. Плоскостопие — деформация стопы с опущением ее продольного и/или поперечного свода, ведущая к осложнениям. Частота плоскостопия варьирует от 5 до 60%, что связано с высокой погрешностью диагностики и отсутствием единых критериев статистической обработки [1]. Объективным методом диагностики плоскостопия является рентгеновский [2], однако он не прост в использовании, так как требует от рентгенолога много времени для проведения измерений по рентгеновскому снимку и определенного опыта работы с данными изображениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Кенис В.М., Дмитриева А.Ю., Сапоговский А.В. Вариативность частоты плоскостопия в зависимости от критериев диагностики и способа статистической обработки // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2019. Т. 2. № 7. С. 41–50. [Kenis V.M., Dmitrieva A.Yu., Sapogovskiy A.V. Frequency variability of flat feet depending on the diagnostic criteria and the method of statistical processing. *Orthopedics, traumatology and reconstructive surgery of children*, 2019, Vol. 2, No. 7, pp. 41–50 (In Russ.).]
2. Камышанская И.Г., Досаханов А.Х., Люгай Е.А., Тажибаев Д.М. Диагностическая эффективность лучевых и не лучевых методов в оценке степени плоскостопия // *Медицина и экология*. 2002. № 1. С. 48–50. [Kamyshanskaya I.G., Dosakhanov A.Kh., Lugay E.A., Tazhibayev D.M. Diagnostic efficiency of radiation and non-radiation methods in assessing the degree of flat feet. *Medicine and Ecology*, 2002, No. 1, pp. 48–50 (In Russ.).]
3. Гревцов В.В. О военно-врачебной экспертизе призывников с плоскостопием и полными стопами // *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1980. № 10. С. 50–51. [Grevtsov V.V. About military medical examination of draftees with flat feet and hollow feet. *Orthopedics, traumatology and prosthetics*, 1980, No. 10, pp. 50–51 (In Russ.).]
4. Lilian N., Varfolomeeva A., Blinov D., Kamyshanskaya I., Lobishcheva A., Dydykin S., Blinova E. A solution based on artificial intelligence for determining and scaling x-ray longitudinal flat feet // *Imaging Med*. 2019. Vol. 11 (5). P. 67–75.
5. Kenis V.M., Dmitrieva A.Yu., Sapogovskiy A.V. Frequency variability of flat feet depending on diagnostic criteria and the method of statistical processing // *Orthopedics, traumatology and reconstructive surgery of children*. 2019. Vol. 2, No. 7. P. 41–50.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 23.01.2020 г.

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

Сведения об авторах:

Лобищева Алина Евгеньевна — аспирант кафедры онкологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9;

Черемисин Владимир Максимович — доктор медицинских наук, профессор кафедры онкологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034,

Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9; заведующий отделом лучевой диагностики СПб ГБУЗ «Городская Марининская больница»; 191014, Санкт-Петербург, Литейный проспект, д. 56; e-mail: b16@marin.ru;

Камышанская Ирина Григорьевна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры онкологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9;

Блинов Дмитрий Сергеевич — доктор медицинских наук, руководитель отдела исследований и разработок компании Care Mentor AI; 125009, Москва, 2-й Тверской-Ямской переулок, д. 10.

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИКИ РАКА ЛЕГКОГО. ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ В ПРАКТИКУ

¹А. А. Мелдо, ²Т. Н. Трофимова, ³Л. В. Уткин, ¹В. М. Моисеенко

¹ГБУЗ «Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический)», Санкт-Петербург, Россия

²ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

³ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия

Работа посвящена методологии сбора данных, концепции создания систем искусственного интеллекта (ИИ) на примере интеллектуальной автоматизированной системы диагностики (ИАСД) рака легкого (РЛ), а также вопросам внедрения ИАСД в практику специализированного медицинского учреждения.

COMPUTER AIDED DIAGNOSTIC SYSTEM IN LUNG CANCER. THE CONCEPT OF THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION

¹Anna A. Meldo, ²Tatiana N. Trofimova, ³Lev N. Utkin,

¹Vladimir M. Moiseenko

¹St. Petersburg Clinical research Center of Specialized Types of Medical Care (oncological), St. Petersburg, Russia

²FSBEI HE «Pavlov First St. Petersburg State Medical University», Ministry of Health of the RF, St. Petersburg, Russia

³FSAEI HE «Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University», St. Petersburg, Russia

The project is devoted to methodology of data base acquisition, the concept of the computer aided diagnostic (CAD) systems development for lung cancer (LC). Problems of implementation of CAD in a specialized hospital are discussed as well.

Цель исследования: отразить основные принципы разработки и внедрения ИАСД.

Материалы и методы. Для создания ИАСД материалом послужили 2626 КТ грудной клетки из открытых баз данных (БД), а также БД, созданной в Петербургском онкоцентре. Сбор данных включал присвоение меток классов для машинного обучения (МО) и разметку патологии на снимках. Радиомический анализ включал представление объекта в виде векторов признаков формы, внутренней структуры объекта, структуры перифокальной легочной ткани. Тестирование системы проводилось в три этапа: 1) на КТ из открытых БД; 2) на проспективном материале онкоцентра в сравнении с результатами одного рентгенолога; 3) на верифицированных данных в сравнении с резу-

татами пяти рентгенологов. Тестирование 3 разбито на группы анализа образований в легких с типичными и нетипичными паттернами. Для дифференциальной диагностики РЛ в ИАСД использовалась трехканальная система классификации с использованием сиамских нейронных сетей. Для учета дополнительных данных о пациенте применен байесовский метод.

Результаты. Представление объекта по признакам формы, внутренней и внешней структуры выражалось в виде гистограмм, что является способом понижения размерности данных и улучшения обучающей способности ИАСД. Тестирование 1 показало чувствительность (Ч) ИАСД 95,8%, специфичность (С) 97,5%, точность (Т) 96,2%. Тестирование 2 показало увеличение показателей информативности системы «врач+ИИ» по сравнению с врачом: Ч на 1,6%, С на 4,5%, Т на 1,3%. Тестирование 3 показало зависимость роста показателей информативности ИАСД от увеличения количества примеров в обучающей выборке, от патогномичности выявляемых признаков на КТ. Для ИАСД на группе атипичных случаев: Ч=93%, С=62,3%, Т=76,1%, на группе типичных случаев: Ч=93%, С=83,6%, Т=91,3%. Для подготовки к внедрению и использованию ИАСД были проведены мероприятия по реструктуризации работы врача-рентгенолога, разработаны структурированные протоколы описания.

Заключение. В настоящее время ИАСД не может рассматриваться в качестве автономного средства принятия решения по диагнозу. Для внедрения систем ИИ в диагностический процесс необходимо развитие мер по реструктуризации службы лучевой диагностики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Firmino M., Morais A.H., Mendoca R.M., Dantas M.R., Hekis H.R., Valentim R. Computer-aided detection system for lung cancer in computed tomography scans: review and future prospects // *Biomedical engineering online*. 2014. Vol. 13 (1). P. 41.
2. Armato III S.G., McLennan G. et al. The lung image database consortium (LIDC) and image database resource initiative (IDRI): a completed reference database of lung nodules on ct scans // *Medical Physics*. 2011. Vol. 38 (2). P. 915–931.
3. Meldo A.A., Utkin L.V. Radiomics as a basis for transformation of radiologists skills and partnership // *Journal of Physics. Conference Series*. 2019. Vol. 1236 (1), 012063.
4. Meldo A., Utkin L., Lukashin A., Muliukha V., Zaborovsky V. Database Acquisition for the Lung Cancer Computer Aided Diagnostic Systems // *Proceedings of the 25th Conference of Open Innovations Association FRUCT, IEEE*, Helsinki, Finland. P. 220–227.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 28.01.2020 г.

Контакт/Contact: Мелдо Анна Александровна, anna.meldo@yandex.ru

Сведения об авторах:

Мелдо Анна Александровна — кандидат медицинских наук, заведующая отделением лучевой диагностики ГБУЗ «Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический)»; 197758, Санкт-Петербург, поселок Песочный, Ленинградская ул., д. 68А; e-mail: anna.meldo@yandex.ru;

Трофимова Татьяна Николаевна — доктор медицинских наук, профессор кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова» Минздрава России; 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8;

Уткин Лев Владимирович — доктор технических наук, профессор, директор высшей школы прикладной математики и вычислительной физики ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29;

Моисеенко Владимир Михайлович — доктор медицинских наук, профессор, директор ГБУЗ «Санкт-Петербургский клинический научно-практический центр специализированных видов медицинской помощи (онкологический)»; 197758, Санкт-Петербург, поселок Песочный, Ленинградская ул., д. 68А.