

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.130.44>

К ВОПРОСУ ОТБОРА ОБЪЕКТОВ НА ЦИФРОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Научная статья

Ваулин Г.Ф.^{1,*}, Махматов О.В.², Длужневская М.А.³

¹ORCID : 0000-0002-3186-2944;

^{1,2} Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ Детская городская больница Святой Ольги, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (hiwa[at]mail.ru)

Аннотация

Работа посвящена вопросу отбора объектов на цифровых медицинских изображениях. Определены основные методы, применяемые для обработки изображений. Установлено, что единая концепция и единые методы отбора объектов на медицинских изображениях в настоящее время отсутствуют. Применяемые методы ограничены областью применения и требованиями к объёмам вычислений. Дополнительные сложности несёт применение к стандартным изображениям традиционных методов обработки вместо математических. Наиболее распространёнными методами обработки цифровых медицинских изображений являются методы Шеннона и Кульбака, а также применение нейросетей. Все они имеют ограничения как по применению, так и по интерпретации полученных результатов.

Ключевые слова: количественный контент-анализ, радиомика, анализ медицинских изображений, метод Шеннона, метод Кульбака, медицинская информатика.

ON THE ISSUE OF OBJECT SELECTION IN DIGITAL MEDICAL IMAGES

Research article

Vaulin G.F.^{1,*}, Makhmatov O.V.², Dluzhnevskaya M.A.³

¹ORCID : 0000-0002-3186-2944;

^{1,2} St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russian Federation

³ St. Olga Children's City Hospital, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (hiwa[at]mail.ru)

Abstract

This work focuses on the selection of objects in digital medical images. The basic methods used for image processing are defined. It is established that a unified concept and unified methods for the selection of objects on medical images are currently absent. Applicable methods are limited by the scope of their use and requirements for the volume of calculations. The application of traditional processing methods to standard images instead of mathematical ones causes additional difficulties. The most common methods for processing digital medical images are Shannon and Kullback methods, as well as neural networks. All of them have limitations both in their application and in the interpretation of the results obtained.

Keywords: quantitative content analysis, radiomics, medical image analysis, Shannon coding, Kullback method, medical informatics.

Введение

В настоящее время сформировалось такое направление анализа медицинских изображений, как радиомика. Его особенностью является функционирование на базе радиологии и математического моделирования. Необходимым условием является использование биомаркеров изображений (БМИ), а именно параметров, характеризующих различные патологические изменения. К этапам получения БМИ принято относить предварительную обработку и сегментацию изображений, обнаружение и извлечение необходимых данных, их статистическую обработку. Использование количественных данных медицинских изображений в качестве биомаркеров уже позволило разработать некоторое количество программных средств, применяемых для диагностики онкологических заболеваний, в том числе как инструмент «виртуальной биопсии» [1], [2], [3]. Поскольку радиомика представляет собой разновидность анализа изображений, появляется возможность извлекать и обрабатывать недоступные невооружённому глазу количественные признаки [4], [5].

Материалы и методы

Аспектный анализ и отбор научных публикаций из открытых электронных библиотек.

Результаты

Контент-анализ обычно применяется для выявления в исследуемых материалах различных закономерностей, тенденций и анализа с целью получения нужной информации. Обработке с помощью методов контент-анализа поддаются любые источники информации. Контент-анализ принято разделять на количественный и качественный. Количественный контент-анализ позволяет обработать нужные показатели математическими методами. В дальнейшем полученные результаты могут быть категоризованы и интерпретированы. В свою очередь, категоризация показателей позволит дать научное объяснение наблюдаемому. В общем случае проведение количественного контент-анализа предполагает следующие этапы: после постановки конкретных задач следует определение категорий и их

систематизация. Затем принято определять единицу анализа, определять интересующие исследователя характеристики данных. Наконец, выбирают источники данных и проводят алгоритмизацию самого количественного контент-анализа. После сбора и обработки информации целесообразно подготовить отчёт [3], [6], [7]. Очевидно, что извлечение цифровых признаков позволяет ускорить обработку медицинских изображений, а значит и обследование пациентов. Необходимым условием для этого является возможность выбрать наиболее информативные признаки [3]. Количественное выражение наблюдаемых признаков анализируемого явления называют шкалированием [8]. Фактом является, что разнотипные признаки на этапе анализа следует представить в количественном виде [9]. Распознавание медицинских изображений для целей радиомикки или диагностики предполагает отбор признаков (БМИ) и их классификацию. Отбор признаков может выполняться с учётом рассчитанных характеристик. Критерием отбора признака может являться степень важности характеристики, определяемая исследователем. Задача классификации реализуется через ряд математических решений, позволяющих поделить признаки на группы.

В решении практических задач анализа медицинских изображений принято использовать следующие методы: корреляционные, синтаксические, нормализации, отвечающие критерию близости с эталоном изображения. Каждому из них свойственны алгоритмы, имеющие определенную область применения, которая зависит от характера различий входных и эталонных изображений, от свойств окружения, требований к объемам вычислений и скорости принятия решений. Входными для распознавания являются отличные от эталона изображения, выделенные в результате сегментации.

Одним из возможных вариантов отбора объектов признаётся использование геометрических характеристик объектов.

Вопреки ожиданиям, количество работ, выполненных на основе математического анализа медицинских изображений, достаточно мало, поскольку на стандартных несложных изображениях измерительные (а значит, и аналитические) операции удобно проводить традиционными средствами [10].

Анализ современных публикаций позволяет утверждать, что оптимальная идентификация и интеграция объектов, извлечённых из медицинских изображений, требует применения методов обработки как математических, так и связанных с алгоритмами машинного обучения. Тот же инструментарий позволяет не только идентифицировать объекты, но и шкалировать, затем категоризировать прогностические факторы на основе результатов обработки изображений.

В свою очередь это позволит своевременно проводить дифференциальную диагностику новообразований, идентификацию мутаций и прочее. Возможность фиксировать изменения, происходящие на пиксельном уровне, обеспечивает достаточное представление об объекте. Речь может идти как о начальных (описательных) характеристиках, так и о радиомических: текстура, интенсивность и другие [4]. Отбор объектов на цифровых медицинских изображениях методом количественного контент-анализа, несомненно, позволит повысить эффективность их отбора и дальнейшей обработки. При этом следует учесть, что область интереса на конкретном изображении отбирается исследователем вручную [11], [12]. Решение задачи отбора изображений и объектов на них предполагает использование методологии оценки информативности признаков. Такой подход реализуется с применением математических методов, в том числе метода Шеннона или метода Кульбака. Если применяется метод Кульбака, то информативность оценивается за счёт дивергенции классов. Метод Кульбака может служить для обработки признака, связанного только с двумя классами. Вместе с тем он оперирует вероятностями, что позволяет не уделять чрезмерного внимания объёму выборки по каждому из исследуемых классов. Метод Шеннона позволяет анализировать количество информации, связанное с интервалами признаков. Наибольшей информативностью в таком случае будут обладать цветовые признаки объектов и соотношение их геометрических признаков. Напротив, метод Кульбака более информативен в отношении радиальных размеров объекта и соотношений таких размеров. Достижимые тем и другим методом результаты свидетельствуют как о невозможности полностью исключить ошибки при классификации объектов, так и о необходимости разработки единого подхода к отбору и обработке объектов на цифровых медицинских изображениях [9], [13], [14]. Необходимо отметить, что на данный момент применение для обработки и анализа цифровых изображений достижений искусственного интеллекта не может быть признано абсолютно успешным: установлено, что распознаётся только та патология, работе с которой обучена данная нейронная сеть. Таким образом, достижение более приемлемых результатов требует подключения и синхронизации нескольких сетей в одном приложении. Для одинаково успешной работы с изображениями, полученными от пациентов разных возрастных групп (дети и взрослые) также требуется дополнительное обучение соответствующих нейронных сетей. В противном случае возможен рост количества ложно-отрицательных результатов [5].

Заключение

Можно утверждать что большое число измеряемых параметров и отсутствие единой концепции отбора объектов значительно затрудняют процесс анализа медицинских изображений. Применение методов количественного контент-анализа при обработке цифровых медицинских изображений способствует оптимизации процесса решения прогностических и лечебно-диагностических задач.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Lambin P. Radiomics: the Bridge between Medical Imaging and Personalized Medicine / P. Lambin, R.T.H. Leijenaar, T.M. Deist et al. // *Nat. Rev. Clin. Oncol.* — 2017. — 14(12). — P. 749-762. — DOI: 10.1038/nrclinonc.2017.141.
2. Литвин А.А. Радиомика и анализ текстур цифровых изображений в онкологии (обзор) / А.А. Литвин, Д.А. Буркин, А.А. Кропинов [и др.] // *Соврем. технол. мед.* — 2021. — №2.
3. Коневский В.В. Повышение эффективности анализа изображений МРТ головного мозга с использованием отбора признаков / В.В. Коневский, А.В. Благов, А.В. Гайдель [и др.] // *Клиническая онкология.* — 2022. — №4.
4. Маслов Н.Е. Некоторые аспекты радиомики и радиогеномики глиобластом: что лежит за пределами изображения? / Н.Е. Маслов, Г.Е. Труфанов, А.Ю. Ефимцев // *Трансляционная медицина.* — 2022. — 9(2). — С. 70-80.
5. Mentzel H.J. Künstliche Intelligenz bei Bildauswertung und Diagnosefindung: Was bringt das in der Kinder- und Jugendradiologie? / H.J. Mentzel // *Monatsschrift Kinderheilkunde; Organ der Deutschen Gesellschaft für Kinderheilkunde.* — 2021. — 169(8). — S. 694–704. — DOI: 10.1007/s00112-021-01230-9
6. Контент-анализ // Агентство социальной информации. — URL: <https://asinfo.ru/blog/kontent-analiz/> (дата обращения: 17.12.2022).
7. Количественный контент-анализ // Исследовательский центр «Дискурс». — URL: <https://c-discurs.ru/methods/kontent-analiz/kolichestvennyiy-kontent-analiz/> (дата обращения: 17.12.2022).
8. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний / Н.Г. Загоруйко. — Новосибирск: Изд-во ИМ СО РАН, 1999. — 270 с.
9. Быкова В.В. Методы и средства анализа информативности признаков при обработке медицинских данных / В.В. Быкова, А.В. Катаева // *Программные продукты и системы.* — 2016. — №2(114).
10. Недзьведь А.М. Анализ изображений для решения задач медицинской диагностики / А.М. Недзьведь, С.В. Абламейко. — Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2012.
11. Гайдель А.В. Метод анализа цифровых нефросцинтиграмм на основе яркостных и геометрических характеристик изображений / А.В. Гайдель, А.Г. Храмов, А.В. Капишников [и др.] // *КО.* — 2017. — №1.
12. Пашина Т. А. Сравнение алгоритмов выделения области интереса на компьютерных томограммах легких / Т.А. Пашина, А.В. Гайдель, П.М. Зельтер [и др.] // — *КО.* — 2020. — №1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnienie-algoritmov-vydeleniya-oblasti-interesa-na-kompyuternyh-tomogrammah-legkih> (дата обращения: 27.12.2022).
13. Наркевич А. Н. Оценка информативности и отбор признаков при идентификации объектов на цифровых изображениях микроскопических препаратов, окрашенных по методу Циля-Нильсена / А.Н. Наркевич, К.А. Виноградов, Н.М. Корецкая [и др.] // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture.* — 2017. — №4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-informativnosti-i-otbor-priznakov-pri-identifikatsii-obektov-na-tsifrovyyh-izobrazheniyah-mikroskopicheskikh-preparatov> (дата обращения: 20.12.2022).
14. Голованова И.С. Выбор информативных признаков. Оценка информативности / И.С. Голованова. — URL: <http://ime.tpu.ru/study/disciplinary/INF-PR.pdf> (дата обращения: 03.01.2023)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Lambin P. Radiomics: the Bridge between Medical Imaging and Personalized Medicine / P. Lambin, R.T.H. Leijenaar, T.M. Deist et al. // *Nat. Rev. Clin. Oncol.* — 2017. — 14(12). — P. 749-762. — DOI: 10.1038/nrclinonc.2017.141.
2. Litvin A.A. Radiomika i analiz tekstur cifrovyyh izobrazhenij v onkologii (obzor) [Radiomics and Digital Image Texture Analysis in Oncology (a review)] / A.A. Litvin, D.A. Burkin, A.A. Kropinov [et al.] // *Sovrem. tehnol. med. [Modern Medical Technology].* — 2021. — №2. [in Russian]
3. Konevskij V.V. Povyshenie jeffektivnosti analiza izobrazhenij MRT golovnogogo mozga s ispolzovaniem otbora priznakov [Increasing the Efficiency of Brain MRI Image Analysis Using Trait Selection] / V.V. Konevskij, A.V. Blagov, A.V. Gajdel [et al.] // *Klinicheskaja onkologija [Clinical Oncology].* — 2022. — №4. [in Russian]
4. Maslov N.E. Nekotorye aspekty radiomiki i radiogenomiki glioblastom: chto lezhit za predelami izobrazhenija? [Some Aspects of Glioblastoma Radiomics and Radiogenomics: What Lies Beyond the Image?] / N.E. Maslov, G.E. Trufanov, A.Ju. Efimcev // *Transljacionnaja medicina [Translational Medicine].* — 2022. — 9(2). — P. 70-80. [in Russian]
5. Mentzel H. J. Künstliche Intelligenz bei Bildauswertung und Diagnosefindung: Was bringt das in der Kinder- und Jugendradiologie? [Artificial intelligence in Image Evaluation and Diagnosis. What Are the Benefits in Paediatric and Adolescent Radiology?] / H.J. Mentzel // *Monatsschrift Kinderheilkunde; Organ der Deutschen Gesellschaft für Kinderheilkunde [Monthly Paediatrics: Official Journal of the German Society for Paediatrics].* — 2021. — 169(8). — P. 694–704. — DOI: 10.1007/s00112-021-01230-9 [in German]
6. Kontent-analiz [Content Analysis] // Agentstvo socialnoj informacii [Agency for Social Information]: — URL: <https://asinfo.ru/blog/kontent-analiz/> (accessed: 17.12.2022). [in Russian]
7. Kolichestvennyj kontent-analiz [Quantitative Content Analysis] // Issledovatel'skij centr "Diskurs" [Discourse Research Centre]. — URL: <https://c-discurs.ru/methods/kontent-analiz/kolichestvennyiy-kontent-analiz/> (accessed: 17.12.2022). [in Russian]
8. Zagorujko N.G. Prikladnye metody analiza dannyh i znaniy [Applied Data and Knowledge Analysis] / N.G. Zagorujko. — Novosibirsk: Publishing House of IM SB RAS, 1999. — 270 p. [in Russian]
9. Bykova V.V. Metody i sredstva analiza informativnosti priznakov pri obrabotke medicinskih dannyh [Methods and Tools for Analyzing the Informativeness of Signs in Medical Data Processing] / V.V. Bykova, A.V. Kataeva // *Programmnye produkty i sistemy [Software Products and Systems].* — 2016. — №2(114). [in Russian]

10. Nedzved A.M. Analiz izobrazhenij dlja reshenija zadach medicinskoj diagnostiki [Image Analysis for Medical Diagnostic Applications] / A.M. Nedzved, S.V. Ablamejko. — Minsk: OIPI of the National Academy of Sciences of Belarus, 2012. [in Russian]
11. Gajdel A. V. Metod analiza cifrovyyh nefroscintigramm na osnove jarkostnyh i geometricheskikh harakteristik izobrazhenij [Method for the Analysis of Digital Nephroscintigrams Based on the Luminance and Geometric Characteristics of Images] / A.V. Gajdel, A.G. Hramov, A.V. Kapishnikov [et al.] // KO. — 2017. — №1. [in Russian]
12. Pashina T. A. Sravnenie algoritmov vydeleniya oblasti interesa na kompjuternyyh tomogrammakh legkih [A Comparison of Algorithms for Selecting Region of Interest on CT Lung Imaging] / T.A. Pashina, A.V. Gajdel, P.M. Zelter [et al.] // KO. — 2020. — №1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-algoritmov-vydeleniya-oblasti-interesa-na-kompyuternyyh-tomogrammakh-legkih> (accessed: 27.12.2022). [in Russian]
13. Narkevich A. N. Ocenka informativnosti i otbor priznakov pri identifikatsii ob'ektov na cifrovyyh izobrazheniyah mikroskopicheskikh preparatov, okrashennykh po metodu Cilja-Nisena [An Evaluation of Informativity and Feature Selection for Object Identification in Digital Images of Ziehl-Nielsen Stained Microscopic Preparations] / A.N. Narkevich, K.A. Vinogradov, N.M. Koreckaja [et al.] // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. — 2017. — №4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-informativnosti-i-otbor-priznakov-pri-identifikatsii-obektov-na-tsifrovyyh-izobrazheniyah-mikroskopicheskikh-preparatov> (accessed: 20.12.2022). [in Russian]
14. Golovanova I.S. Vybore informativnykh priznakov. Ocenka informativnosti [A Selection of Informative Signs. An Assessment of Informativeness] / I.S. Golovanova. — URL: <http://ime.tpu.ru/study/discipliny/INF-PR.pdf> (accessed: 03.01.2023) [in Russian]