

И. Г. Герасимов (д-р.биолог.наук, старший научный сотрудник),

Д. С. Архипов (магистрант)¹,

Л. А. Левченко (канд.мед.наук, доц.)²

Донецкий национальный технический университет¹

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького²

iggerasim@mail.ru

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕГКИХ НОВОРОЖДЕННЫХ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА РЕНТГЕНОВСКОГО СНИМКА

Разработана специализированная компьютерная система для оценки состояния легких новорожденных на основании анализа рентгеновского снимка. С помощью системы имеется возможность полуавтоматически выделять патологическую область, рассчитать долю ее площади относительно всего органа, вычислить для нее информационную энтропию.

оценка состояния легких, рентгеновский снимок, выделение области патологии, информационная энтропия

Введение

Рентгенологическое обследование является одним из наиболее распространенных методов в современной медицине. Простота, доступность и информативность рентгенологического исследования позволяет широко его использовать в практическом здравоохранении, начиная с районных больниц, в распоряжении которых имеются рентгеновские аппараты, и заканчивая республиканскими диагностическими центрами, оснащенными наисовременнейшим рентгенологическим оборудованием.

Особый интерес представляет рентгенодиагностика состояния легких новорожденных, позволяющая подтвердить, уточнить или опровергнуть диагноз. Так, например, для подтверждения диагноза внутриутробной пневмонии у новорождённых используют две группы диагностических критериев: основные и вспомогательные [1, 6]. Из первых к признакам, свидетельствующим в пользу наличия заболевания, относят очаговые и/или инфильтративные тени на рентгенограмме, и, если они есть обращают внимание на вспомогательные критерии [1, 4, 5].

Современные научные разработки по определению состояния новорожденного, основанные на данных доказательной медицины [2, 3], акцентируют внимание врача на необходимости рентгенологического исследования в целях ранней и дифференциальной диагностики инфекционных заболеваний, пороков развития, осложнений патологических состояний. Поэтому, актуальность изучения особенностей рентгенологической картины у новорождённых является несомненной.

В то же время, анализ рентгенограмм представляет собой определенные трудности, обусловленные, прежде всего, субъективностью восприятия особенностей рентгеновского изображения. Однако не это главное. Принципиальным, в плане перспектив сопоставления результатов рентгенографического анализа, оказывается отсутствие возможностей количественной оценки исследуемых органов, отображенных на рентгеновских снимках. Тем не менее, наличие современной компьютерной техники позволяет разработать соответствующую диагностическую систему, которая позволяла бы врачу получать количественные характеристики изображений, полученных рентгенографическими способами. Основная трудность, которую необходимо преодолеть для определения количественных характеристик рентгеновского снимка, заключается в том, что, как правило, рентгеновские изображения не масштабированы. Поэтому речь может идти только о расчете относительных параметров элементов изображения, например доли пораженной области исследуемого органа.

Постановка задач исследования

С целью разработки специализированной компьютерной системы для получения количественных характеристик рентгенограммы легких новорожденных необходимо решить следующие задачи:

- 1) определить параметры анализируемого изображения, независимые от его масштаба;
- 2) найти количественные значения параметров, характеризующих пораженную область, независимо от масштаба;
- 3) спроектировать соответствующее программное обеспечение специализированной компьютерной системы.

Результаты исследования и их обсуждение

Пример рентгеновского снимка легких новорожденных приведен на рис. 1.

Состояние любого органа или ткани в общем случае охарактеризуется в пределах от нормального состояния (площадь пораженной области составляет 0 %) до полностью патологического состояния (площадь пораженной области составляет 100 %). Следовательно, имеется возможность рассчитать долю пораженной области анализируемого органа. Эта задача решается достаточно просто, путем выделения на изображении проекции интересующего органа и на нем – патологической области. Путем подсчета количества пикселей, содержащихся на изображении анализируемого органа ($S_{\text{общ}}$), и числа пикселей, составляющих пораженную область ($S_{\text{пат}}$), определяются соответствующие площади в пикселях. Их последующее соотношение позволяет рассчитать долю патологического участка органа:

$$S_{\text{отн}} = (S_{\text{пат}}/S_{\text{общ}}) \times 100\%. \quad (1)$$

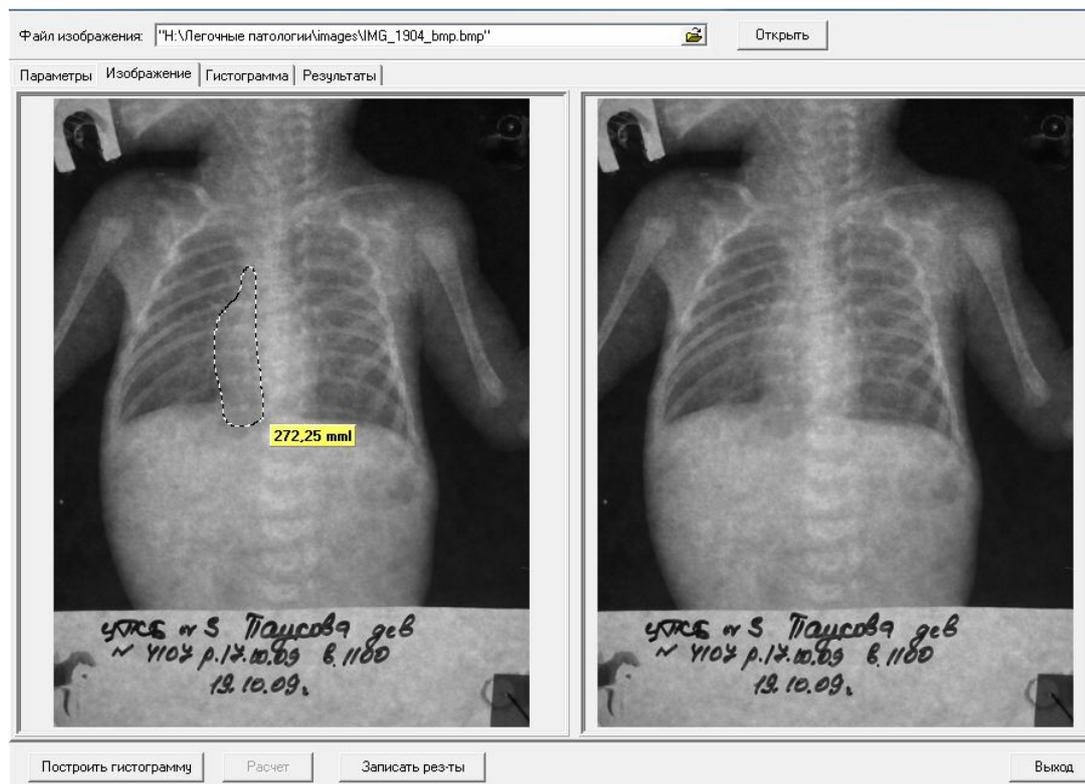


Рисунок 1 – Экранная форма с изображением рентгеновского снимка. Слева показана патологическая область, выделенная с помощью мыши

Вопрос о способе выделения на изображении, как всего анализируемого органа, так и его части, остается открытым. С помощью разработанной специализированной системы поставленная задача решается следующим образом. Поскольку оконтуривание интересующего органа не представляет технических трудностей, то принято решение выделять его проекцию на рентгеновском снимке с помощью мыши (рис. 1). Выделение патологической области может быть не столь простым по таким возможным причинам: во-первых, сложность ее формы и, во-вторых, относительно небольшая площадь, занимаемая ею.

В связи с этим, выделение патологической области предлагается осуществлять после построения гистограммы яркостей пикселей всего анализируемого органа (выделение с помощью мыши). Затем, следует учесть, что в градациях серого цвета яркость, пикселей, составляющих пораженную область отличается от таковой по всему изображению. С помощью ползунков (рис. 2) эту область можно легко ограничить. Иными словами, описанным способом на гистограмме выделяется участок, яркость пикселей которого предположительно соответствует яркости пикселей, составляющих пораженную область. Результат такого выделения отображается на копии изображения, идентичной исходному изображению и расположенному в окне пользователя справа (рис. 3).

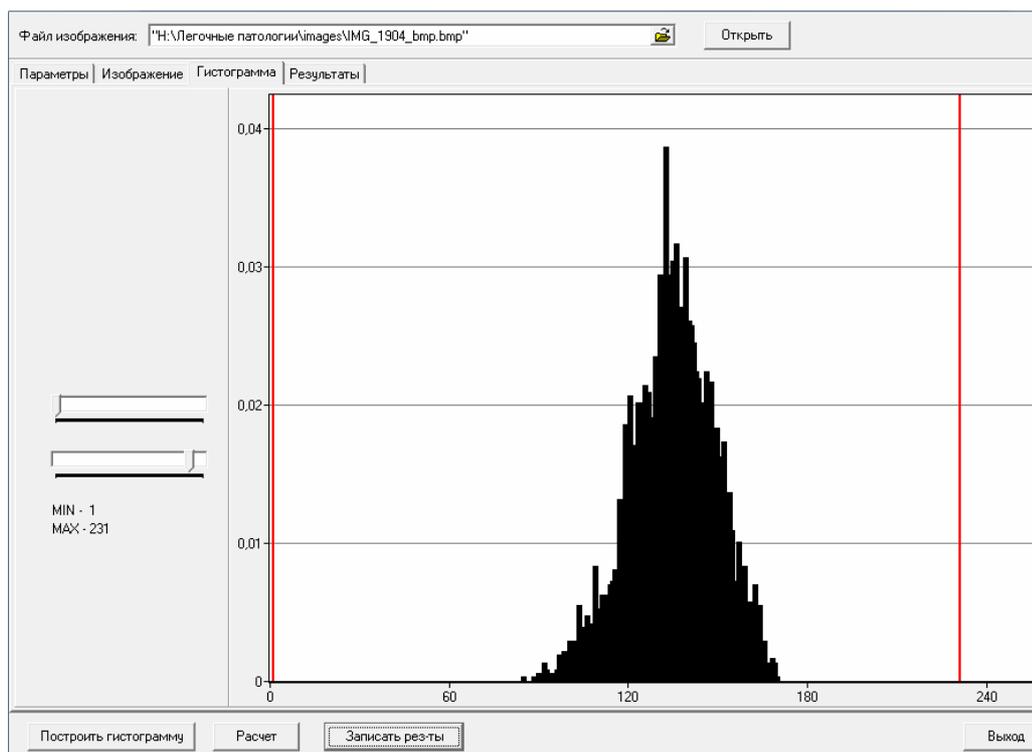


Рисунок 2 – Экранная форма с изображением гистограммы распределений пикселей по яркости. Вертикальными линиями показана область выделения

Средняя относительная погрешность расчета $S_{\text{пат}}$ указанным способом составляет 4,2 %, тогда как оконтуривание с помощью мыши приводит к величине средней относительной погрешности 4,3 %.

Другим численным параметром, позволяющим количественно охарактеризовать состояние пораженного органа или ткани, может быть относительная информационная энтропия [7]. При условии независимости событий среди всех случившихся событий информационная энтропия (H), характеризующую информационную неопределенность системы, рассчитывается по формуле:

$$H = -\sum_i^n p_i \log_2 p_i \quad (2)$$

где n – число элементов системы,

p_i – вероятность данного значения параметра, причем $\sum(p_i) = 1$.

Для расчета информационной энтропии использовали найденные экспериментально вероятности распределения пикселей пораженной области по величинам их яркостей. При равномерном распределении вероятностей система характеризуется максимальной величиной H (H_{max}), которая рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{max}} = \log_2(n). \quad (3)$$

Нормирование информационной энтропии H по ее максимальному значению

$$h = N/N_{\max} \quad (4)$$

дает возможность сопоставлять результаты, полученные для систем, содержащих разное количество элементов.

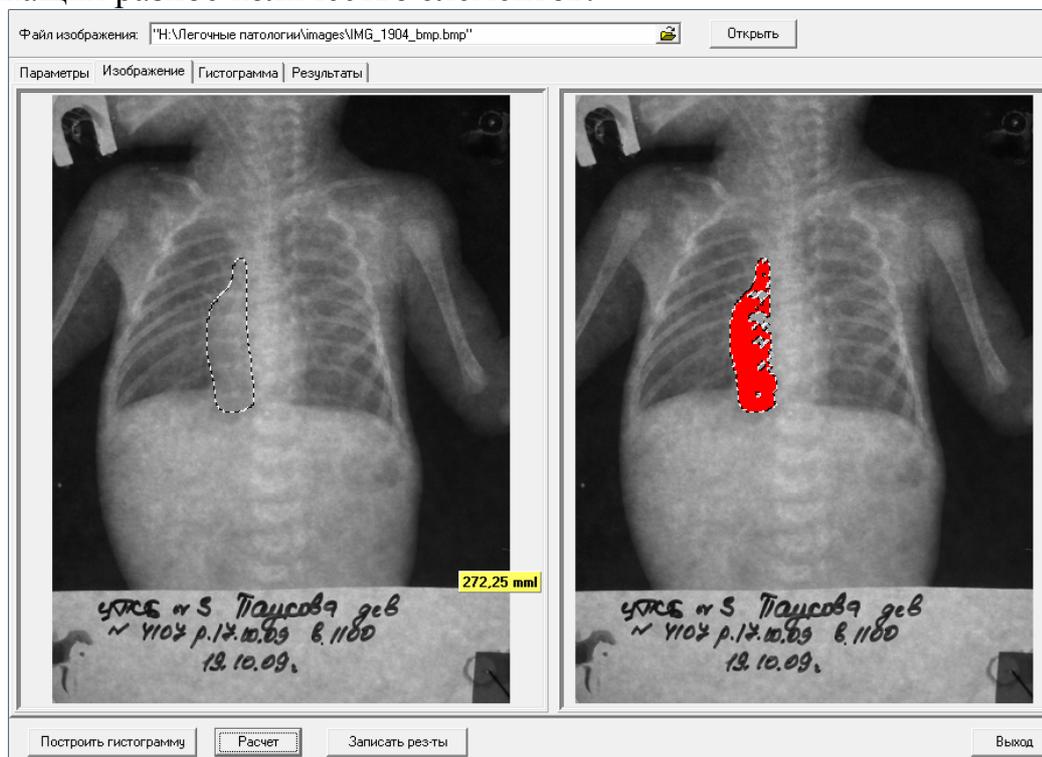


Рисунок 3 – Экранная форма с патологической областью, найденной в результате выделения с помощью гистограммы (справа)

В случае патологии легких новорожденных нормированная величина информационной энтропии пораженной области находится в диапазоне значений $h = 0,89 - 0,94$ (среднее – $0,92 \pm 0,012$). Полученный диапазон значений нормированной информационной энтропии может быть использован в качестве отправного для характеристики пораженной области органа в дальнейших исследованиях. Кроме того, интересно, что между величинами относительных площадей пораженной области ($S_{\text{отн}}$) и значениями рассчитанных для них нормированной информационной энтропии (h) имеется корреляция с коэффициентом корреляции $r = 0,74$ ($p < 0,05$). Следовательно, полученная в результате анализа рентгеновского снимка нормированная информационная энтропия может быть использована в качестве количественной характеристики пораженной области легких новорожденных.

Выводы

1. В качестве количественных показателей, характеризующих пораженную область органа, представленного на рентгеновском снимке в отсутствие его масштаба, целесообразно использовать:

– значення площі, займаної патологічною областю, відношене до величини загальної площі, займаної на зображенні аналізованого органу;

– величину нормованої інформаційної ентропії, розрахованої для зображення ураженої області.

2. Визначено знайти кількісні значення параметрів, що характеризують уражену область, незалежно від масштабу, які для частки ураженої області ($S_{отн}$) можуть коливатися від 0 до 100 %, а в разі нормованої інформаційної ентропії в діапазоні $h = 0,84 - 0,94$. При цьому між $S_{отн}$ і h виявлено кореляцію ($r = 0,74$, $p < 0,05$).

3. Розроблено програмне забезпечення спеціалізованої комп'ютерної системи, що дозволяє кількісно аналізувати рентгенограми легких новонароджених з різними легочними патологіями.

Список литературы

1. Володин Н. Н. Неонатология. Национальное руководство / Н. Н. Володин [под ред. акад. РАМН Н.Н. Володина, науч. ред. Е. Н. Байбарина, Г. Н. Буслаева, Д. Н. Дегтярев]. – М.: ГЭОТАР-МЕДИА, 2007. – 848 с.
2. Наказ № 312 від 08.06.07 р. МОЗ України «Про затвердження клінічного протоколу з Первинної реанімації та після реанімаційної допомоги новонародженим». – К., 2007. – 53 с.
3. Наказ № 484 від 21.08.08 р. МОЗ України «Про затвердження клінічного протоколу надання допомоги новонародженій дитині з дихальними розладами». – К., 2008. – 57 с.
4. Рентгенодіагностика гострих захворювань органів дихання у дітей / [за ред. І. О. Крамного]. – Х.: Крокос, 2006. – 172 с.
5. Barnett E. D. Bacterial infections of the respiratory tract / E. D. Barnett, J. O. Klein // Infectious diseases of the fetus and newborn infant / [eds.: J. S. Remington, J. O. Klein]. – Boston: WB Saunders, PA, 2001. – P. 1006–1018.
6. Escobar G. J. Effect of the systemic inflammatory response on biochemical markers of neonatal bacterial infection: A fresh look at old confounders / G. J. Escobar // Clin. Chem. – 2003. – Vol. 49, № 1. – P. 21–22.
7. Кабатов Ю. Ф. Вероятностно-статистические методы в медицинских исследованиях и надежность медицинской аппаратуры / Ю. Ф. Кабатов, М. Б. Славин. – М.: Медицина, 1971. – 296 с.

Надійшла до редакції 07.11.2010

Рецензент: канд.техн.наук, доц. Ярошенко А.Н.

І. Г. Герасимов, Д. С. Архипов¹, Л. А. Левченко²

Донецький національний технічний університет¹, Донецький національний медичний університет ім. М. Горького²

Комп'ютерна система для оцінки стану легенів новонароджених на підставі аналізу рентгенівського знімку. Розроблена спеціалізована комп'ютерна система для оцінки стану легенів новонароджених на підставі аналізу рентгенівського знімку. За допомогою системи надається можливість полуавтоматично виділяти патологічну область, розрахувати частку її площини відносно всього органу, розчислити для неї інформаційну ентропію.

оцінка стану легенів, рентгенівський знімок, виділення області патології, інформаційна ентропія

I. G. Gerasimov, D. S. Arhipov¹, L. A. Levchenko²

Donetsk National Technical University¹, Donetsk National Medical University by M.Gorkogo²

Computer System for Estimating the Condition of Newborns' Lungs on the Basis of X-Ray Picture Analysis. A special computer system for estimating the condition of newborns' lungs on the basis of x-ray picture analysis is developed. The system makes possible semi-automatic allocation of a pathological area, calculation of a share of its area and information entropy.
estimation of lungs condition, x-ray picture, pathological area allocation, information entropy