

УДК 616.37-006.6:616-072.1:57.087

DOI: [10.26102/2310-6018/2021.35.4.024](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2021.35.4.024)

Исследование информативности характера контуров очаговых образований поджелудочной железы с целью дифференциальной диагностики хронического панкреатита и протоковой аденокарциномы

В.А. Белозеров¹, Н.А. Корневский², М.В. Артеменко³, В.А. Прокопов⁴

^{1,4}Курская областная клиническая больница, Курск, Российская Федерация
^{2,3}Юго-Западный государственный университет, Курск, Российская Федерация
b9102107495@yandex.ru

Резюме. Дифференциальная диагностика очаговой патологии поджелудочной железы является сложной клинической задачей. Метод эндоскопической ультрасонографии является наиболее информативным в детальной визуализации паренхимы поджелудочной железы и используется как уточняющий в диагностике очаговой патологии органа, что обеспечивается высоким разрешением изображений из-за минимального удаления датчика от исследуемого объекта. Одним из информативных критериев дифференциальной диагностики изучаемой патологии является характер контуров очаговых образований. Целью работы явилось повышение качества дифференциальной диагностики очаговой патологии поджелудочной железы по данным эндоскопической ультрасонографии на основе анализа характера контуров очаговых образований с оценкой их информативности. Анализ подвергнуты результаты эндоскопической ультрасонографии 109 пациентов с солидными опухолевыми образованиями поджелудочной железы и 40 пациентов с хроническим панкреатитом. Использовалась эндоскопическая видеосистема фирмы «Olympus» EVIS EXERA II с ультразвуковым процессором EU-ME1. С помощью разработанных универсальных алгоритмов, из первичных «сырых» видеоматериалов выделены максимально однородные фрагменты области интересов, на основании которых сформирована шкала характера контуров рассматриваемой очаговой патологии. Выделены восемь основных типов контуров, соответствующих хроническому очаговому панкреатиту и протоковой аденокарциноме с различной степенью дифференцировки. Полученные данные позволили построить гистограмму с последующим статистическим анализом результатов, который показал перспективность предлагаемой методики дифференциальной диагностики панкреатита и онкологических заболеваний и синтеза соответствующих решающих правил.

Ключевые слова: эндоскопическая ультрасонография, характер контуров очаговых образований поджелудочной железы, хронический панкреатит, протоковая аденокарцинома, статистический анализ

Для цитирования: Белозеров В.А., Корневский Н.А., Артеменко М.В., Прокопов В.А. Исследование информативности характера контуров очаговых образований поджелудочной железы с целью дифференциальной диагностики хронического панкреатита и протоковой аденокарциномы. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2021;9(4). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1073> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.35.4.024

The study of the informative characterization of pancreas focal formations contours for the purpose of chronic pancreatitis and ductal adenocarcinoma differential diagnosis

V.A. Belozerov¹, N.A. Korenevskii², M.V. Artemenko³, V.A. Prokopov⁴

^{1,4}Kursk Regional Clinical Hospital, Kursk, Russian Federation

^{2,3} *South-Western State University, Kursk, Russia.*
b9102107495@yandex.ru✉

Abstract: Differential diagnosis of focal pancreatic pathology is a complex clinical task. The method of endoscopic ultrasonography is the most informative in the detailed visualization of the pancreatic parenchyma and is used as a clarifying method in the diagnosis of the organ focal pathology, which is ensured by high-resolution images due to the minimal distance of the sensor from the object under study. One of the informative criteria for the differential diagnosis of the pathology under study is the characteristic of the focal formations' contours. The aim of the work was to improve the quality of focal pancreatic pathology differential diagnosis according to endoscopic ultrasonography based on the analysis of the focal formations contours characteristics with an assessment of their informative value. The results of endoscopic ultrasonography in 109 patients with solid tumors of the pancreas and 40 patients with chronic pancreatitis were analyzed. The endoscopic video system of the Olympus EVIS EXERA II company with the EU-ME1 ultrasound processor was used. Utilizing the developed universal algorithms, the most homogeneous fragments of the region of interest are selected from the primary video materials, from which a scale of the considered focal pathology contours characteristics is formed. Eight main types of contours corresponding to chronic focal pancreatitis and ductal adenocarcinoma with various degrees of differentiation were identified. The obtained data allowed us to construct a histogram with subsequent statistical analysis of the results, which showed the prospects of the proposed pancreatitis and oncological diseases differential diagnosis method and of the synthesis decision rules.

Keywords: endoscopic ultrasonography, characteristics of the contours of focal formations of the pancreas, chronic pancreatitis, ductal adenocarcinoma, statistical analysis

For citation: Belozеров V.A., Korenevskii N.A., Artemenko M.V., Prokopov V.A. The study of the informative characterization of the contours of focal formations of the pancreas for the purpose of differential diagnosis of chronic pancreatitis and ductal adenocarcinoma *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2021;9(4). Available from: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1073> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.35.4.024 (In Russ).

Введение

Несмотря на большой арсенал и разнообразие применяемых клинических и инструментальных методов исследования органов панкреатобилиарной зоны, качество диагностики заболеваний поджелудочной железы (ПЖ) остается неудовлетворительным [1,2]. Своевременное выявление характера изменений в пораженном органе до настоящего времени встречает большие трудности, обусловленные отсутствием патогномичных клинических признаков, особенно на ранних стадиях заболевания, велика доля ошибок, затруднительна дифференциальная диагностика диффузных и очаговых изменений ПЖ [1]. Полем деятельности для современного рентгенолога, к сожалению, чаще всего остается диагностика нерезектабельных опухолей [3]. Диагностика солидных поражений ПЖ также остается важной клинической задачей. Фокусом внимания является дифференциация между очаговым панкреатитом и протоковой аденокарциномой ПЖ. Эндоскопическое ультразвуковое исследование (ЭУС), компьютерная томография и магнитно-резонансная томография являются высокоэффективными методами диагностики. Среди них ЭУС обладает уникальной способностью визуализировать эхографическую текстуру паренхимы ПЖ из-за близости расположения ультразвукового датчика [4, 5]. Преимуществом методики ЭУС является также возможность детальной оценки границ опухоли, уточнение степени местной распространенности и прицельной биопсии для морфологического исследования [6].

Для злокачественных образований ПЖ характерным является очаговый характер поражения органа. Отличительными признаками очага является наличие контуров, что возводит анализ их информативности в ранг первостепенных задач. Однако, единства мнений о характере данного эхопризнака в литературе нет. Описание характера контуров

очаговых образований ПЖ противоречивы, что актуализирует эту проблему, а ее решение позволит улучшить качество дифференциальной диагностики патологии органа и объективизировать данные эндосонографии.

Цель работы: Повышение качества дифференциальной диагностики очаговой патологии поджелудочной железы на основе получения дополнительной диагностической информации путем анализа характера контуров образования.

Материалы и методы

В 2014-2020 гг. по поводу очаговых образований панкреатобилиарной зоны в Курской областной клинической больнице ЭУС выполнена у 272 пациентов. Женщин было 112 (41,2 %), мужчин – 160 (58,8 %). Возраст больных варьировал от 27 до 88 лет (средний возраст $54 \pm 6,75$ года). ЭУС являлась составляющей лечебно-диагностического алгоритма в этой группе больных и использовалась как уточняющий метод исследования. Использовалась эндоскопическая видеосистема фирмы «Olympus» EVIS EXERA II с ультразвуковым процессором EU-ME1. Эндосонография выполнялась ультразвуковыми видеогастроскопами: GF UM160 с радиальным датчиком и GF UC140P-AL5 с конвексным. Подготовка пациентов к исследованию включала выполнение эзофагогастродуоденоскопии для уточнения состояния верхних отделов желудочно-кишечного тракта, отказ от приема пищи в течение 8 час., от приема жидкости в течение 4 час. Все исследования выполнялись в условиях общей анестезии. Методика проведения исследования соответствовала стандартной эндосонографии панкреатобилиарной зоны [7]. В исследование включены все пациенты, поступившие в клинику с солидными очаговыми образованиями ПЖ, которым выполнялась ЭУС. Критериями исключения было наличие кистозного компонента и ограничения к выполнению исследования в виде ранее выполненных резекционных вмешательств или патологии, препятствующей проведению аппарата. Сравнение признаков, описывающих характер контуров очагового образования, проводили в группе, в которую были включены 149 пациентов. Сольные опухолевые образования ПЖ выявлены у 109 (40,1 %) пациентов, локальные формы хронического панкреатита (ХП) диагностированы у 40 (14,7 %) больных. С целью анализа первичных данных производилась видеофиксация всех исследований с последующей архивацией информации в цифровом формате.

Окончательный диагноз основывался на результатах интраоперационной ревизии, морфологического исследования интраоперационно полученного биоптата, материала чрескожных и ЭУС контролируемых пункций очаговых образований, щипковых биопсий в случае прорастания опухоли в двенадцатиперстную кишку или общий желчный проток или на совокупности данных всех методов клинического и инструментального обследования и последующего наблюдения за пациентами. Такой подход к отбору пациентов позволил провести статистический анализ полученных данных, оценить их информативность и построить частные решающие правила дифференциальной диагностики ХП и рака ПЖ.

Результаты и их обсуждение

В связи с целью исследования, основное внимание акцентировалось на дифференциальной диагностике очаговой формы ХП и протоковой аденокарциномы ПЖ, поскольку данная патология вызывает наибольшие диагностические трудности в связи со схожестью сонографических характеристик этих образований. Контур является важным элементом классификации объекта. Под контуром изображения понимается пространственно протяженный разрыв, перепад или скачкообразное изменение значений

яркости эхосигналов [8]. Контуров целиком определяют форму объекта, мало зависят от яркости и цвета и содержат необходимую информацию для дальнейшей классификации объекта. Соответственно четкость контуров определяется величиной контрастного перехода. При увеличении четкости происходит сокращение перехода между контрастными областями и наоборот.

Характер контуров очагового образования является диагностически значимым эхографическим признаком в дифференциальной диагностике протоковой аденокарциномы и хронического очагового панкреатита и является неотъемлемой характеристикой очагового образования. При описании очаговых образований большинство исследователей описывают характер его контуров [9, 10]. Оценка характера контуров при очаговом панкреатите и опухолях ПЖ в литературе неоднозначна. Данные литературы относительно четкости контуров протоковой аденокарциномы противоречивы. Нечеткие контуры протоковой аденокарциномы по данным разных авторов диагностируются в 50,5 %-68,4 % случаев [6, 10]. По данным других исследователей, наоборот, отмечается преобладание четких контуров (60,5 %) с указанием отношения этого признака преимущественно к высокодифференцированным образованиям [9]. Встречается также описание гипоехогенного ободка при аденокарциномах в 47,4 % случаев [10]. Для дифференциальной диагностики очаговых образований ПЖ предложено так же использовать форму протрузии контура образования [10]. Вместе с тем, большинство исследователей констатируют, что нечеткость контуров свидетельствует об инфильтративном характере опухолевого очага [11]. Нечеткие контуры образования более характерны для протоковой аденокарциномы [12] и свидетельствует о более выраженной степени злокачественности опухоли (Grade). По сравнению с G1, опухоли G2/G3 демонстрируют более высокие частоты плохо выраженного края [13]. В свою очередь, четкие контуры очагового образования больше характерны для хронического псевдотуморозного панкреатита [10].

Такая противоречивость интерпретации данных ЭУС при очаговых образованиях ПЖ свидетельствует о субъективности оценки эхопризнаков, а также об отсутствии единого стандартизированного подхода в оценке эхографических диагностических критериев. Критерии в различных исследованиях оцениваются как самостоятельно, так и попарно, и в совокупности с другими признаками, что вызывает дополнительные трудности при дифференциальной диагностике.

На основании данных литературы и собственных наблюдений актуальными эхографическими критериями, характеризующими контуры очагового образования, считали их ровность, четкость, равномерность, выраженность.

Проведен ретроспективный анализ протоколов и цифровых записей исследований из сформированной информационной медицинской базы данных. При проспективном и ретроспективном анализе видеоизображений ЭУС пациентов с очаговой патологией ПЖ нами сформирована шкала изображений, отображающая характер контуров очаговых образований, состоящая из совокупности эндосонограмм всех обследованных больных исследуемой группы. Изображения извлекались из видеороликов путем нарезки кадров с последующим отбором наиболее оптимальных и четких образцов. При этом, для формирования эндосонограммы из видеоизображений использовались разработанные универсальные алгоритмы, позволяющие выделять фрагменты, максимально однородные и отвечающие требованиям разрабатываемой шкалы характера контуров. В область интереса старались включить участок контура образования, содержащий как можно больше признаков патологии ПЖ обследуемого пациента. Основными моментами алгоритма выделения информативных областей интереса из кадрированных изображений является выбор участка контура очагового образования, наиболее близко расположенному к источнику эхосигнала, где разрешающая способность сканера

максимальна. Кроме того, анализировались контуры изображений очагов, которые визуализировались идентичными из продольного и поперечного сканов, что свидетельствовало об объективном отображении их структур, не искаженных артефактами, помехами и витиеватыми тангенциальными срезами изображений с наложением рядом расположенных объектов. Сонографические изображения на шкале характера контуров расположили в порядке нарастания патологических изменений паренхимы ПЖ от нормальной, через хронический очаговый панкреатит до аденокарциномы с низкой степенью дифференцировки наиболее крупной по размерам. Отсутствие формальной процедуры формирования исходной системы признаков, используемых для решения поставленной задачи, дифференциальной диагностики патологии ПЖ побуждает полагаться на опыт экспертов ультразвуковой диагностики, ориентированных в патологии органов панкреатобилиарной зоны. Визуальный анализ полученных изображений показал, что опытный врач ультразвуковой диагностики достаточно надежно выделяет восемь основных характерных контуров очаговой патологии ПЖ, позволяющих осуществлять искомую классификацию. При этом, меньшая детализация, по мнению экспертов приводит к снижению качества диагностики, а большая детализация вызывает перенапряжение функции селективности внимания и потере четкости восприятия врача, принимающего диагностические решения. Таким образом, из совокупности изображений шкалы эндосонограмм нами выделены усредненные типовые эталонные эндосонограммы, которые включают и характеризуют соответствующую дифференцируемую нами патологию ПЖ.

На Рисунках 1-8 приведены изображения выделенных эталонных эндосонограмм, описывающих основные типы характера контуров очаговых образований ПЖ.

1. Эталонная эндосонограмма характера контуров при ХП с лобулярными изменениями паренхимы. Единог контура образования нет. Просматриваются разрозненные, четкие, выраженные, неравномерные контуры гипоехогенных лобул, подчеркнутые гиперэхогенными тяжами в паренхиме железы (Рисунок 1).

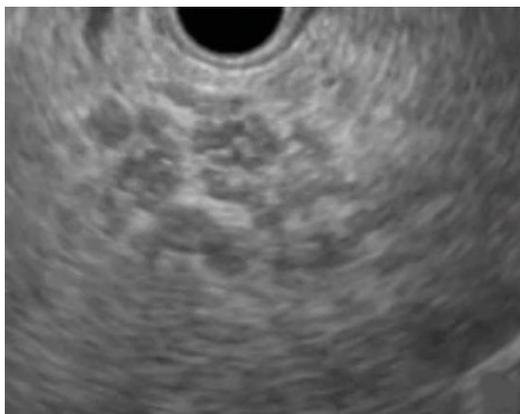


Рисунок 1 – Контуры при ХП с лобулярными изменениями паренхимы ПЖ.
Figure 1 – Contours in chronic pancreatitis with hypoechoic lobules of the pancreatic parenchyma.

2. Эталонная эндосонограмма характера контуров при ХП с очаговыми изменениями паренхимы. Просматриваются контуры образования, образованного за счет сливного характера расположения лобул. Контуры неровные, четкие, выраженные, равномерные, подчеркнутые гиперэхогенными тяжами в паренхиме органа, контрастирующими с гипоехогенными дольками (Рисунок 2).

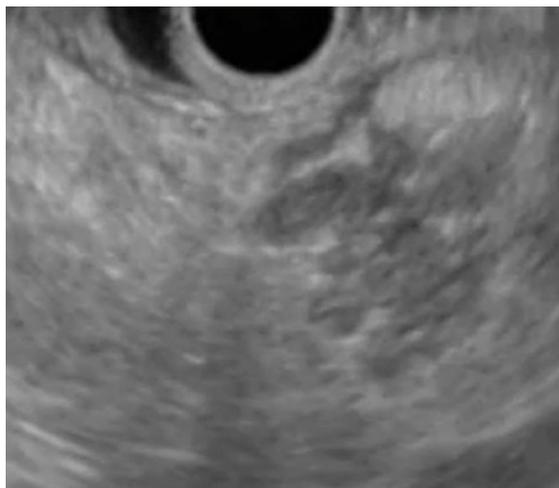


Рисунок 2 – Контуры при ХП с очаговыми изменениями паренхимы ПЖ.
Figure 2 – Contours in chronic pancreatitis with focal changes in the pancreatic parenchyma.

3. Эталонная эндосонограмма характера контуров при хроническом очаговом панкреатите. Контурсы образования неровные, четкие, равномерные, менее выраженные за счет сниженной контрастности между очагом хронического панкреатита и паренхимой ПЖ (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Контурсы при хроническом очаговом панкреатите.
Figure 3 – Contours in focal chronic pancreatitis.

4. Эталонная эндосонограмма характера контуров при ХП с выраженной очаговостью изменений. Контурсы неровные, неравномерно выраженные за счет снижения их четкости на отдельных участках образования (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Контуры при ХП с выраженной очаговостью.
Figure 4 – Contours in chronic pancreatitis with pronounced focality.

5. Эталонная эндосонограмма характера контуров при высокодифференцированной аденокарциноме. Контурсы неровные, невыраженные, четкость их сохраняется частично, но просматриваются по всей окружности образования (Рисунок 5).



Рисунок 5 – Контурсы при высокодифференцированной аденокарциноме.
Figure 5 – Contours in high-grade adenocarcinoma.

6. Эталонная эндосонограмма характера контуров при умеренно дифференцированной аденокарциноме. Контурсы неровные, равномерно нечеткие на большей части образования, умеренно выраженные (Рисунок 6).



Рисунок 6 – Контуры при умеренно дифференцированной аденокарциноме.
Figure 6 – Contours in moderately differentiated adenocarcinoma.

7. Эталонная эндосонограмма характера контуров при низкодифференцированной аденокарциноме. Контурсы неровные, невыраженные, равномерно нечеткие по всей окружности образования (Рисунок 7).



Рисунок 7 – Контурсы при низкодифференцированной аденокарциноме.
Figure 7 – Contours in low-grade adenocarcinoma.

8. Эталонная эндосонограмма характера контуров при низкодифференцированной аденокарциноме больших размеров (более 4 см.) Контурсы неровные, нечеткие, неравномерные, но выраженные за счет появления гипэхогенного ободка по контуру образования (Рисунок 8).

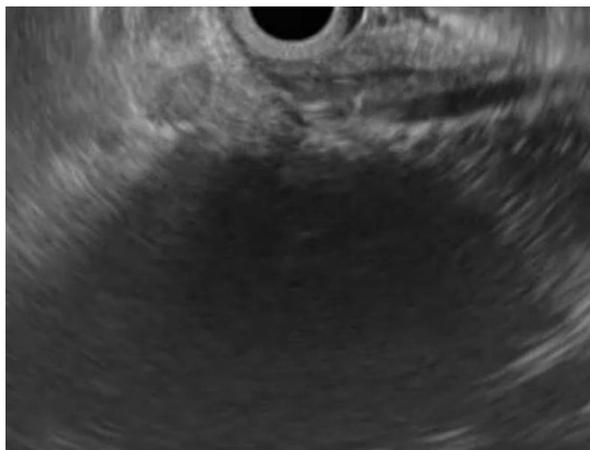


Рисунок 8 – Контуры при низкодифференцированной аденокарциноме больших размеров.
Figure 8 – Contours in low-grade adenocarcinoma with large dimensions.

С целью анализа эффективности и корректности работы полученной классификации изображений проведен ретроспективный анализ видеоматериалов ЭУС пациентов с патологией ПЖ и распределением всего массива графических «сырых» данных по основным типам сонограмм, характеризующих контуры образований ПЖ. Распределение пациентов по классам ХП и рак ПЖ и по типам эхографической текстуры приведено в Таблице 1. В этой таблице приведены условные названия эталонных эхоизображений, характеризующих контуры различной очаговой патологии. Приведенные названия носят условный характер и не являются диагнозом или самостоятельной нозологической формой, призваны облегчить ориентировку в сонографических изображениях шкалы и оптимизировать работу экспертов и пользователей алгоритма.

Таблица 1 – Распределение пациентов с ХП и раком ПЖ по основным типам контуров.
Table 1 – Distribution of patients with chronic pancreatitis and pancreatic cancer by the main types of contours.

№№	Характер контуров	ХП		Рак ПЖ	
		абс.	частость	абс.	частость
1.	ХП с лобулярными изменениями паренхимы	5	0,13	-	-
2.	ХП с очаговыми изменениями паренхимы	7	0,18	-	-
3.	Хронический очаговый панкреатит	8	0,21	9	0,08
4.	ХП с выраженной очаговостью изменений	8	0,21	17	0,16
5.	Высокодифференцированная аденокарцинома	8	0,21	20	0,18
6.	Умеренно дифференцированная аденокарцинома	2	0,05	25	0,23
7.	Низкодифференцированная аденокарцинома	-	-	29	0,27
8.	Низкодифференцированная аденокарцинома с больших размеров	-	-	9	0,08

По данным Таблицы 1 были построены гистограммы классов ХП и рак ПЖ на шкале упорядоченных рисунков (видеоряда) S с последующим статистическим анализом полученных результатов (Рисунок 9).

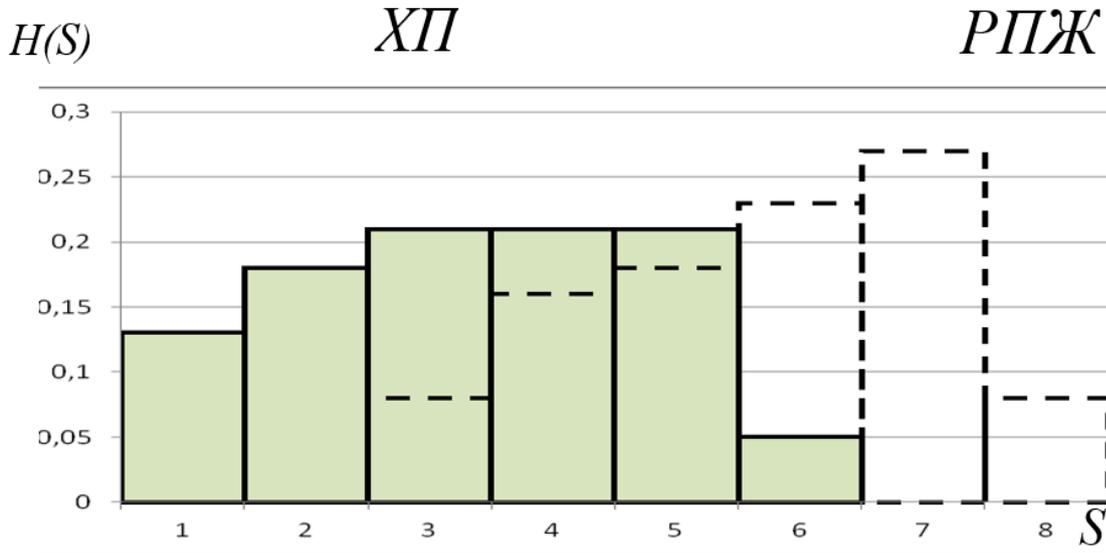


Рисунок 9 – Гистограммы распределения классов на шкале порядка S .
Figure 9 – Histograms of the distribution of classes on a scale of order S .

Хорошо видны «зоны перекрытия» диагностических видеобразов S : 3-6. Парный коэффициент корреляции Пирсона между анализируемыми подвыборками частот равен 0,72, что на уровне ошибки первого рода $p=0.0055 \ll 0.05$ позволяет определить их принадлежность к субодинаковым законам распределения с различными параметрами, а предлагаемая шкала видеобразов $S=1-8$, позволяет дифференцировать анализируемые классы заболевания с высокой вероятностью приемлемости качества диагностики вне зон перекрытия (видеобразы 1-3, 6-8).

Для определения риска $R(s)$ от ошибок в дифференциальной диагностике выбрана формула, представленная в работе [32]:

$$R(s) = \frac{f(s)}{1 - F(s)}$$

где: $f(s)$ – плотность распределения, $F(s)$ – функция распределения (интеграл $f(s)$ на интервале $[1, s]$ (или $[s, 1]$ – в зависимости от анализа левой или правой частей гистограммы, как образа функции плотности распределения).

Соответствующие им риски представлены на Рисунке 10.

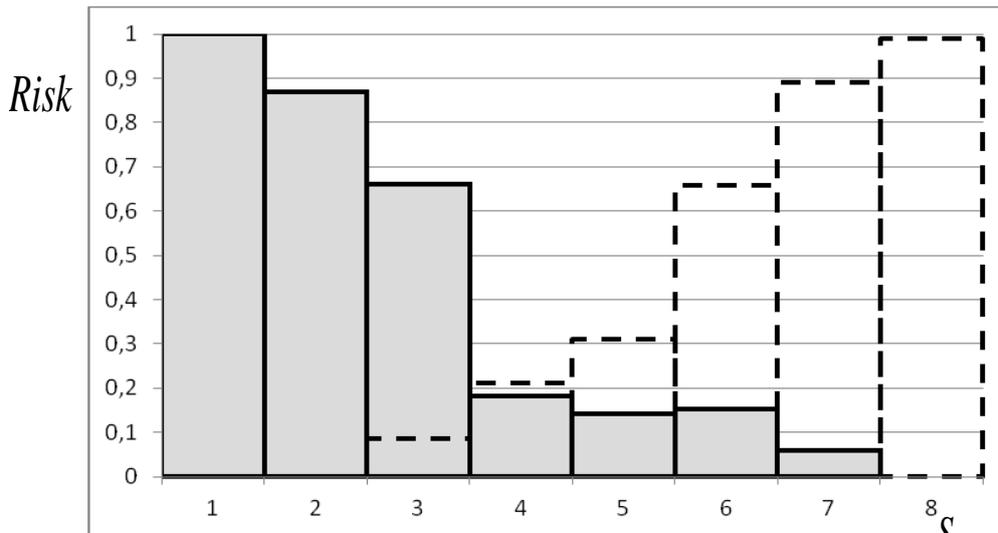


Рисунок 10 – Функция риска дифференциальной диагностики по видеоряду S (пунктирная линия – Рак ПЖ, сплошная линия – ХП).
Figure 10 – The risk function of differential diagnosis according to the video sequence S (dotted line – Pancreatic cancer, solid line-chronic pancreatitis).

Выводы:

1. Проведенный статистический анализ показывает перспективность предлагаемой методики дифференциальной диагностики панкреатита и рака ПЖ и синтеза соответствующих решающих правил.
2. Статистические испытания подтвердили данные математического анализа и экспертного моделирования.
4. Сформированная шкала характера контуров очаговых образований ПЖ в перспективе позволит описывать и дифференцировать другие солидные образования органа.
5. Применение объективных, удобных и неинвазивных систем дифференцировки изображений ЭУС может значительно улучшить качество диагностики патологии ПЖ.

Заключение

ЭУС обладает преимуществом детальной оценки эхографической структуры ПЖ и контуров очаговых образований. Разработка дифференциально диагностических критериев очаговых образований ПЖ на основе анализа характера их контуров с разработкой гибридных нечетких решающих правил позволит объективизировать данные эндосонографии и улучшить результаты неинвазивной дифференциальной диагностики. Однако для повышения информативности дифференциальной диагностики патологии ПЖ необходимо учитывать все ключевые сонографические характеристики очага: форму, размеры, эхогенность, эхографическую текстуру, отношение к сосудистым структурам.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Нарантуя Т., Фролова И.Г., Величко С.В. Комплексная лучевая диагностика рака поджелудочной железы. *Сибирский онкологический журнал*. 2009;(1):40–44.

2. Дусмухамедова З.Т., Фазилов А.А., Абзалова М.Я. Характерные особенности ультразвуковой картины хронического панкреатита. *Молодой ученый*. 2017;(10):133–136. URL: <https://moluch.ru/archive/144/39442/> (дата обращения: 16.05.2021).
3. Кармазановский Г.Г. Опухоли поджелудочной железы солидной структуры: протоколы лучевых исследований, дифференциальная диагностика (лекция, часть 1). *Медицинская визуализация*. 2016;(4):54–63.
4. Пронина Г.М., Орлова М.В. Роль эндоскопии и эндо-УЗИ в диагностике рака поджелудочной железы. *Анналы хирургической гепатологии*. 2019;24(3):36–44. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2019336-44>.
5. Welinsky S., Lucas A.L. Familial pancreatic cancer and the future of directed screening. *Gut Liver*. 2017;11(6):761–770. <https://doi.org/10.1007/s00261-017-1308-z>.
6. Ветшева Н.Н. Шишин К.В., Быстровская Е.В., Недолужко И.Ю., Коваленко Д.Д., Дооперационная диагностика солидных опухолей поджелудочной железы: обзор литературы. *Медицинская визуализация*. 2016;(5):50–58.
7. Нечипай А.М., Орлов С.Ю., Федоров Е.Д. *ЭУСбука. Руководство по эндоскопической ультрасонографии*. Москва: Практическая медицина; 2013. 399 с.
8. Титов И.О., Емельянов Г.М. Выделение контуров изображения движущегося объекта. *Вестник Новгородского Государственного университета*. 2010;(55):27–31.
9. Солодина Е.Н. Эндоскопическое ультразвуковое исследование в диагностике хирургических заболеваний органов панкреатобилиарной зоны. Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. М.; 2016. 240 с.
10. Неустроев В.Г., Ильичева Е.А., Расулов Р.И., Владимиров А.А., Хмельницкая В.А. Эндосонография в дифференциальной диагностике рака поджелудочной железы и хронического панкреатита. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2006;6 (52):76–81.
11. Нечипай А.М., Бурдюков М.С., Юричев И.Н., Коржева И.Ю., Комиссаров Д.Ю. Эндосонографические критерии дифференциальной диагностики рака поджелудочной железы и хронического панкреатита. *Актуальные вопросы эндоскопии 2016: сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции*, 24-25 марта 2016 г. С. Петербург, 2016;258–259.
12. Scharwächter C., Haage P. Diagnosis of Pancreatic Ductal Adenocarcinoma. *Current Radiology Reports*. 2017;5(8):971-8. DOI: 10.1007/s40134-017-0233-9.
13. Guo C.G., Ren S., Chen X., Wang Q.D., Xiao W.B., Zhang J.F., Duan S.F., Wang Z.Q. Pancreatic neuroendocrine tumor: prediction of the tumor grade using magnetic resonance imaging findings and texture analysis with 3-T magnetic resonance. *Cancer Manag Res*. 2019;(11):1933–1944.
14. Jones S.N., Lees W.R., Frost R.A. Diagnosis and grading of chronic pancreatitis by morphological criteria derived by ultrasound and pancreatography. *Clin Radiol*. 1988;39(1):43–8. DOI: 10.1016/s0009-9260(88)80339-8. PMID: 3276430.
15. Wiersema M.J., Haves R.H., Lehman G.A. et al. Prospective evaluation of endoscopic ultrasonography end endoscopic retrograde cholangiopancreatography in patients with chronic abdominal pain of suspected pancreatic origin. *Endoscopy*. 1993;25:555–564.
16. Hawes R.H. Endosonography Hawes R.H., Fockens P. *Elsevier Inc*. 2006. 329 p.
17. Митьков В.В. *Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика*. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский дом Видар-М.; 2019. 756 с., ил. ISBN 978-5-88429-250-5.
18. Струков А.И., Серов В.В. *Патологическая анатомия: учебник*. 5-е изд., стер. М.: Литтерра; 2010. 848 с.
19. Филиппова Е.М. Прогностическая значимость степени гистологической злокачественности протоковой аденокарциномы поджелудочной железы.

- Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. М. 2015. 118 с.*
20. Седтикова Г.Р., Паклина О.В., Шабунин А.В., Бедин В.В., Тавобилов М.М., Хатьков И.Е., Израилов Р.Е. Морфологическая оценка распространенности протоковой аденокарциномы поджелудочной железы. *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2015;(23)1:130–136.
 21. Корневский Н. А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем. *Медицинская техника*. 2015;49(1):33–35.
 22. Корневский Н.А., Родионова С.Н., Хрипина И.И. Методология синтеза гибридных нечетких решающих правил для медицинских интеллектуальных систем поддержки принятия решений. *Старый Оскол: ТНТ*. 2019. 472 с.
 23. Корневский Н.А. Проектирование нечетких решающих сетей, настраиваемых по структуре данных для задач медицинской диагностики. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2005;4(1):12–20.
 24. Белозеров В.А., Корневский Н.А. Нечеткие модели дифференциальной диагностики очаговых образований поджелудочной железы по данным эндоскопической ультрасонографии на основе анализа реперных схем эталонных эндосонограмм. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение*. 2020;10(3/4):118–135.
 25. Белозеров В.А., Корневский Н.А. Дифференциальная диагностика патологии поджелудочной железы по данным эндоскопической ультрасонографии на основе нечетких математических моделей. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2021; 20(1):102–110.
 26. Корневский Н.А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение*. 2013; (2): 99–103.
 27. Korenevskii N.A. Application of fuzzy logic for decision-making in medical expert systems. *Biomedical engineering*. 2015;49:46–49.
 28. Korenevskii N.A, Degtyarev S.V., Seregin S.P., Novikov A.V. Use of an Interactive Method for Classification in Problems of Medical Diagnosis. *Biomedical engineering*. 2013;47(4):169–172.
 29. Корневский Н.А., Разумова К.В. Синтез нечетких классификационных правил в многомерном пространстве признаков для медицинских приложений. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение*. 2012;2(1):223–227.
 30. Корневский Н.А., Тутов Н.Д., Лазурина Л.П. Проектирование медико-экологических информационных систем. *Курск: Курский государственный технический университет*; 2001. 193 с.
 31. Корневский Н.А., Башир А.С., Горбатенко С.А. Синтез гибридных нечетких правил для прогнозирования, оценки и управления состоянием здоровья в экологически неблагоприятных регионах. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение*. 2013;(4):69.
 32. Norton I.D., Zheng Y., Wiersema M.S., Greenleaf J., Clain J.E., Dimagno E.P. Neural network analysis of EUS images to differentiate between pancreatic malignancy and pancreatitis. *Gastrointest Endosc*. 2001;54(5):625-9. DOI: 10.1067/mge.2001.118644. PMID: 11677484.

REFERENCES

1. Narantuyaa T., Frolova I.G., Velichko S.A. Diagnostic imaging of pancreatic cancer. *Sibirskii onkologicheskii zhurnal = Siberian journal of oncology*. 2009;(1):40-44. (In Russ.)
2. Dusmuhamedova Z.T., Fazilov A.A., Abzalova M.Y. Characteristic features of the ultrasound picture of chronic pancreatitis. *Molodoy ucheniy*. 2017;(10):133-136. – URL: <https://moluch.ru/archive/144/39442/>. (In Russ.)
3. Karmazanovskii G. G. Solid pancreatic tumors: protocols of radiological examinations and differential diagnosis (lecture, part 1). *Meditinskaya vizualizatsiya = Medical visualization*. 2016;(4):54–63. (In Russ.)
4. Pronina G. M., Orlova M. V. Endoscopy and endosonography in the diagnostics of pancreatic cancer. *Annaly khirurgicheskoi gepatologii = Annals of HPB surgery*. 2019;24(3):36–44. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2019336-44>. (In Russ.)
5. Welinsky S., Lucas A. L. Familial pancreatic cancer and the future of directed screening. *Gut Liver*. 2017;11(6):761–770. <https://doi.org/10.1007/s00261-017-1308-z>.
6. Vetsheva N.N., Shishin K.V., Bystrovskaya E.V., Nedoluzhko I. Yu., Kovalenko D D. Preoperative diagnosis of solid pancreatic mass: literature revive. *Meditinskaya vizualizatsiya = Medical visualization*. 2016;(5):50–58. (In Russ.)
7. Nechipai A.M., Orlov S.Yu., Fedorov E.D. EUSbuka: *Handbook of endoscopic ultrasonography*. Moscow: *Prakticheskaya medicina*; 2013. 399 p. (In Russ.)
8. Titov I.O., Emel'yanov G.M. Selecting the contours of an image of a moving object. *Vestnik NOVSU*. 2010;(55):27–31. (In Russ.)
9. Solodinina E.N. Endoscopic ultrasound examination in the diagnosis of surgical diseases of the pancreatobiliary zone. Dissertation for the degree of Doctor of Medical Sciences. M. 2016. 240 p. (In Russ.)
10. Neustroev V.G., Il'icheva E.A., Rasulov R.I., Vladimirova A.A., KHMel'nitskaya D.A. Endosonography in differential diagnostics of pancreatic cancer and chronic pancreatitis. *BYulleten vostochno-sibirskogo nauchnogo tsentra sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk = Bulletin of the east Siberian scientific center of the Siberian branch of the Russian Academy OF Medical sciences*. 2006;6(52):76-81. (In Russ.)
11. Nechipai A.M., Burdyukov M.S., Yurichev I.N., Korzheva I.Yu., Komissarov D.Yu. Endosonographic criteria for differential diagnosis of pancreatic cancer and chronic pancreatitis. *Current issues of endoscopy 2016: collection of materials of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference, March 24-25, 2016*;258–259. (In Russ.)
12. Scharwächter C., Haage P. Diagnosis of Pancreatic Ductal Adenocarcinoma. *Current Radiology Reports*. 2017;5(8):971–8. DOI: 10.1007/s40134-017-0233-9.
13. Guo C.G., Ren S., Chen X., Wang Q.D., Xiao W.B., Zhang J.F., Duan S.F., Wang Z.Q. Pancreatic neuroendocrine tumor: prediction of the tumor grade using magnetic resonance imaging findings and texture analysis with 3-T magnetic resonance. *Cancer Manag Res*. 2019;(11):1933–1944.
14. Jones S.N., Lees W.R., Frost R.A. Diagnosis and grading of chronic pancreatitis by morphological criteria derived by ultrasound and pancreatography. *Clin Radiol*. 1988;39(1):43–8. DOI: 10.1016/s0009-9260(88)80339-8. PMID: 3276430.
15. Wiersema M.J., Haves R.H., Lehman G.A. et al. Prospective evaluation of endoscopic ultrasonography and endoscopic retrograde cholangiopancreatography in patients with chronic abdominal pain of suspected pancreatic origin. *Endoscopy*. 1993;25:555–564.
16. Hawes R.H. Endosonography Hawes R.H., Fockens P. *Elsevier Inc.*, 2006. 329 p.
17. Mitkov V.V. *A practical guide to ultrasound diagnostics. General ultrasound diagnostics*. Edited by 3rd ed., reprint. and add. M.: Publishing house Vidar-M.; 2019. 756 p. (In Russ.)

18. Strukov A.I., Serov V.V. *Pathological anatomy: textbook*. 5th ed., ster. M.: Litterra; 2010. 848 p. (In Russ.)
19. Filippova E.M. Prognostic significance of the degree of histological malignancy of ductal adenocarcinoma of the pancreas. *Dissertation for the degree of Candidate of medical Sciences*. M. 2015. 118 p. (In Russ.)
20. Sedtikova G.R., Paklina O.V., Shabunin A.V., Bedin V.V., Tavobilov M.M., Khatkov I.E., Izrailov R.E. Morphological assessment of the prevalence of ductal adenocarcinoma of the pancreas. *Rossiiskii Mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*. 2015; 23(1):130-136. (In Russ.)
21. Korenevskii N.A. Application of fuzzy logic for decision-making in medical expert systems. *Meditinskaya tekhnika = Biomedical Engineering*. 2015;(49)1: 33–35. (In Russ.)
22. Korenevskii N.A., Rodionov S.N., Khripina I.I. Methodology for the synthesis of hybrid fuzzy decision rules for medical intelligent decision support systems. *Stary Oskol: TNT*. 2019. 472 p. (In Russ.)
23. Korenevskii N.A. Design of fuzzy decision networks, configurable by data structure for medical diagnostics tasks. *Sistemnyi analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh = Systems analysis and management in biomedical systems*. 2005;(4)1:12–20. (In Russ.)
24. Belozеров V.A., Korenevskii N.A. Fuzzy models of differential diagnosis of focal formations of the pancreas according to endoscopic ultrasonography based on the analysis of reference schemes of reference endosonograms. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the southwest state university. Series: Control, Computer engineering, information science. Medical instruments engineering*. 2020;10:(3/4):118-135. (In Russ.)
25. Belozеров V.A., Korenevskii N.A. Differential diagnosis of pancreatic pathology according to endoscopic ultrasonography based on fuzzy mathematical models. *Sistemnyi analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh = Systems analysis and management in biomedical systems*. 2021;(20)1:102-110. (In Russ.)
26. Korenevskii N.A. Method for the synthesis of heterogeneous fuzzy rules for the analysis and control of the state of biotechnical systems. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, computer Engineering, information science. Medical instruments engineering*. 2013;2:99–103. (In Russ.)
27. Korenevskii N.A. Application of fuzzy logic for decision-making in medical expert systems. *Biomedical engineering*. 2015;49:46–49.
28. Korenevskii N.A., Degtyarev S.V., Seregin S.P., Novikov A.V. Use of an Interactive Method for Classification in Problems of Medical Diagnosis. *Biomedical engineering*. 2013;47(4):169–172.
29. Korenevskii N.A., Razumova K.V. Synthesis of fuzzy classification rules in multi-gomernom the feature space. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroeni = Proceedings of the Southwest State University. Series: Management, Computer Engineering, computer science. Medical instrumentation*. 2012;2:223–227. (In Russ.)
30. Korenevskii N.A., Tutov N.D., Lazurina L.P. Design of medical and environmental information systems. *Kursk: Kursk State Technical University*; 2001. 193 p. (In Russ.)
31. Korenevskii N.A., Bashir A.S., Gorbatenko S.A. Synthesis of hybrid fuzzy rules for forecasting, assessment and management of health status in environmentally unfavorable regions. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroeni = Proceedings of the*

Southwest State University. Series: Management, Computer Engineering, computer science. Medical instrumentation. 2013;(4):69. (In Russ.)

32. Norton I.D, Zheng Y., Wiersema M.S., Greenleaf J., Clain J.E., Dimagno E.P. Neural network analysis of EUS images to differentiate between pancreatic malignancy and pancreatitis. *Gastrointest Endosc.* 2001;54(5):625-9. DOI: 10.1067/mge.2001.118644. PMID: 11677484.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Белозеров Владимир Анатольевич, Belozarov Vladimir Anatol'evich, candidate of кандидат медицинских наук, врач Курской Medical Sciences, doctor of the Kursk Regional областной клинической больницы, Курск, Clinical Hospital, Kursk, Russian Federation. Российская Федерация.
e-mail: b9102107495@yandex.ru
ORCID: [0000-0003-2028-746X](https://orcid.org/0000-0003-2028-746X)

Корневский Николай Алексеевич, Korenevskii Nikolai Alekseevich, доктор технических наук, профессор Юго-Западного Technical Sciences, Professor Southwestern государственного университета, Курск, State University, Kursk, Russian Federation. Российская Федерация.
e-mail: kstu-bmi@yandex.ru
ORCID: [0000-0003-2048-0956](https://orcid.org/0000-0003-2048-0956)

Артеменко Михаил Владимирович, Artemenko Mikhail Vladimirovich, кандидат биологических наук, доцент Юго- of Biological Sciences, Docent Southwestern Западного государственного университета, State University, Kursk, Russian Federation. Курск, Российская Федерация.
e-mail: artem1962@mail.ru
ORCID: [0000-0003-1037-8288](https://orcid.org/0000-0003-1037-8288)

Прокопов Владимир Афанасьевич, Prokopov Vladimir Afanas'evich, кандидат кандидат медицинских наук, врач Курской Medical Sciences, doctor of the Kursk Regional областной клинической больницы, Курск, Clinical Hospital, Kursk, Russian Federation. Российская Федерация.
e-mail: kokb4712359732@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 21.12.2021; принята к публикации 29.12.2021.

The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 21.12.2021; accepted for publication 29.12.2021.