

УДК 681.3

**И. И. Билинский, д. т. н., проф.; А. О. Мельничук; С. В. Юкиш****АВТОМАТИЗОВАННОЕ СРЕДСТВО ОЦЕНИВАНИЯ  
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ  
СИСТЕМЫ НА УЗИ-ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

*Представлено аппаратно-программное автоматизированное средство для оценивания геометрических параметров желчевыводящей системы на УЗИ-изображениях, работа которого базируется на вторичной обработке УЗИ-изображений специализированными фильтрами и сегментатором. Разработано программное обеспечение, позволяющее удобно вести учет пациентов.*

**Ключевые слова:** *аппаратно-программное средство, УЗИ-изображение, фильтр, сегментатор, геометрические параметры объектов, ПЛИС.*

**Введение**

Ультразвуковое исследование (УЗИ) является методом неинвазивной визуализационной диагностики в медицине. В отличие от других методов, в частности рентгенографического обследования, компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии, УЗИ по своему излучающему воздействию – почти не вредное для организма человека, поэтому может использоваться многократно, например, для исследования динамики развития заболеваний и оценки результатов лечения. Благодаря этому преимуществу, а также меньшей, чем у других визуализационных систем, стоимости аппарата, УЗИ приобрело широкое распространение.

УЗИ – один из наиболее эффективных методов диагностирования патологий желчного пузыря. Из типичного изображения можно выделить большое количество информативных параметров, позволяющих с высокой степенью достоверности выявить определенные патологии, такие как: холестаз, холецистит, холангит, колит, наличие конкрементов, полипов и др. Основными параметрами, имеющими диагностическую ценность являются геометрические размеры объектов и расстояние между ними [1]. Основные геометрические параметры, представляющие ценность: размер желчного пузыря, желчного протока, толщина их стенок, размер мелких внутривнутрипеченочных желчных протоков, наличие и размеры патологических объемных образований (конкременты и полипы). Точность определения этих параметров играет определяющую роль в постановке диагноза и назначении дальнейшего лечения.

Несмотря на существующие преимущества УЗИ, существует весомый недостаток, который ограничивает применение метода – низкое качество выходного УЗИ-изображения. Следовательно, его ценность при диагностике патологий желчного пузыря является ограниченной. При измерении характерных расстояний может быть допущена значительная погрешность, что обусловлено человеческим фактором, наличием специфического спекл-шума и общей низкой четкостью краев объектов на изображении [2].

На основании проведенных исследований [3], установлено, что погрешность определения геометрических размеров объектов УЗИ-изображения составляет в среднем от 9% до 36%, в зависимости от размера объекта, уровня зашумленности и особенностей зрительной системы конкретного оператора. Вместе с тем, как показано в работе [5], погрешность определения размеров объектов существующими методами сегментации изображений может составлять 5%.

Поэтому **целью работы** является повышение эффективности диагностики патологий

желчного пузыря путем создания автоматизированной аппаратно-программной системы, которая реализует специализированные методы вторичной обработки УЗИ-изображений желчного пузыря.

### Основная часть

В работе предложена система автоматизированного оценивания геометрических параметров желчного пузыря, включающая в себя несколько блоков. Блоки выполняют последовательные операции: фильтрацию спекл-шумов, сегментацию изображений и определение геометрических размеров диагностируемых объектов. Для реализации фильтра и устройства сегментации УЗИ-изображений избраны программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), поскольку предложенные алгоритмы состоят из большого количества операций и в случае последовательного их выполнения время обработки одного УЗИ-изображения на ПК с использованием программных средств может составлять больше 5 мин., в зависимости от параметров компьютера и размера изображения. Учитывая потенциально более высокие возможности быстродействия устройств на базе ПЛИС, связанные с возможностью организации параллельных вычислений, именно ПЛИС избран для аппаратной реализации фильтра спекл-шума и прибора сегментации УЗИ-изображения. Выделение геометрических размеров объектов удобнее реализовывать программными средствами. На рис. 1 представлена структурно-функциональная схема аппаратно-программного средства оценивания геометрических параметров объектов на УЗИ-изображениях.

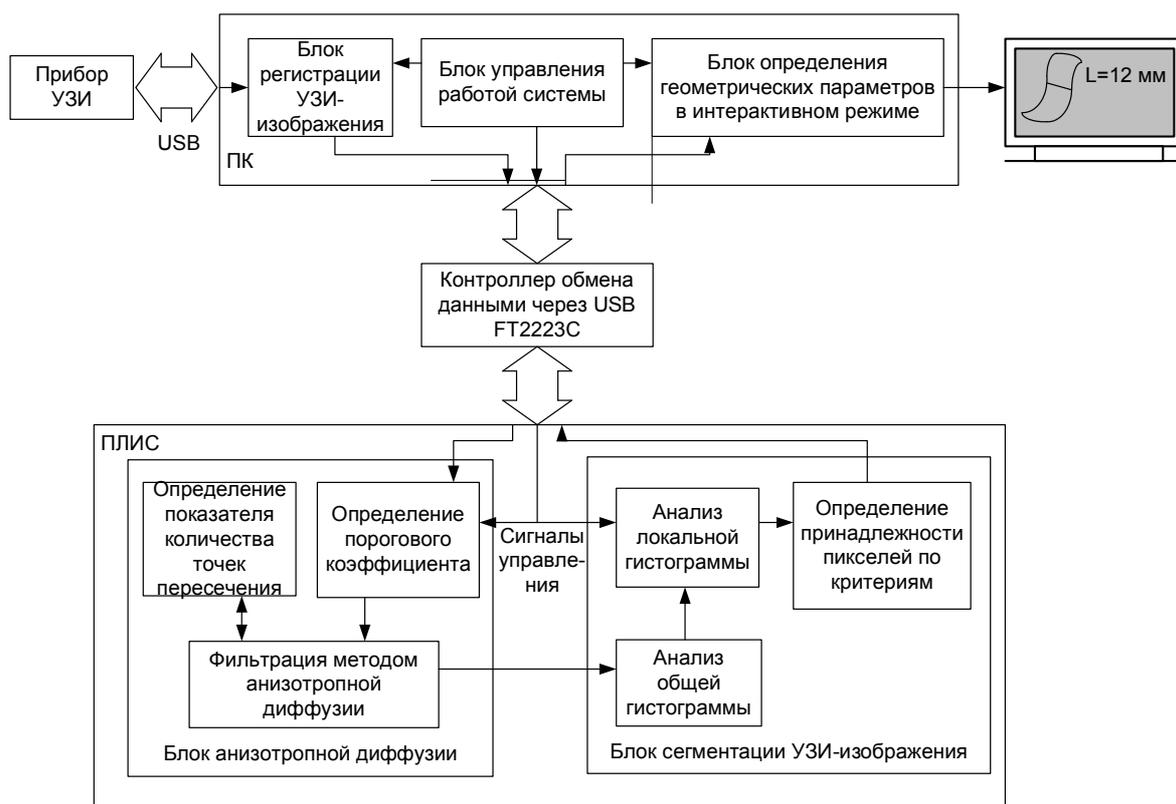


Рис. 1. Структурно-функциональная схема аппаратно-программного средства оценивания геометрических параметров желчного пузыря на УЗИ-изображениях

Представленная схема состоит из персонального компьютера и ПЛИС, которые включают:

- 1) интерфейс ввода для загрузки в ПЛИС и конвертации в формат RAW УЗИ-

изображения желчного пузыря в формате BMP или JPG;

2) адаптивный фильтр спекл-шума, включающий фильтрацию на основе анизотропной диффузии, определение порогового значения интенсивности и определение количества итераций;

3) устройство сегментации УЗД-изображения, включающее анализ общей гистограммы, анализ локальных гистограмм и определение принадлежности пикселя;

4) интерфейс вывода для перевода сегментированного изображения назад в ПК и конвертирования обработанного изображения в формат BMP;

5) программное обеспечение для определения размеров желчевыводящей системы.

Первым этапом обработки УЗИ-изображения является фильтрация спекл-шума. Предложен адаптивный фильтр на основе анизотропной диффузии, учитывающий уровень зашумленности входного изображения, а также перепады интенсивности в приграничных областях объектов и соответственно с этой информацией меняющий глубину фильтрации.

На рис. 2 представлена схема фильтра спекл-шума на УЗИ-изображении. Входными данными являются значения интенсивности пикселей нефильтрованного изображения в градациях серого от 0 до 255, а также количество столбцов и количество строк этого изображения. Выходными данными являются значения интенсивности обработанного изображения. Адаптивный фильтр предполагает выполнение трёх операций: расчета порогового значения интенсивности, собственно фильтрации и расчета количества итераций. Расчет порогового значения интенсивности осуществляется путем определения среднего уровня шума на изображении и самой большой величины перепада интенсивности в области края. Пороговое значение интенсивности ( $K$ ) используется как входной параметр для процесса фильтрации. Фильтрация представляет собой итерационный процесс направленного размывания в сторону наименьших значений перепадов интенсивности.

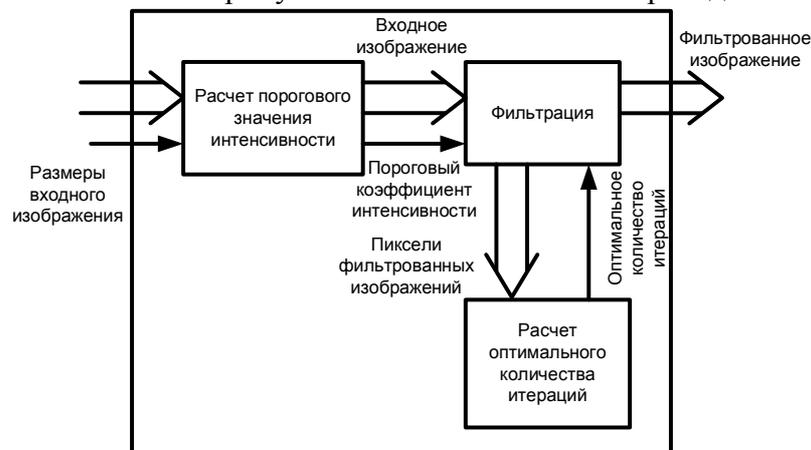


Рис. 2. Функциональная схема адаптивного фильтра спекл-шума на УЗИ-изображении

Промежуточные фильТРованные изображения  $i$ -ой и двух предыдущих итераций используют для расчета функции останковки итерационного процесса. Необходимым условием окончания процесса фильТРации является выполнение неравенства  $N_{i-2} > N_{i-1} < N_i$ , где  $N_{i-2}, N_{i-1}, N_i$  – показатели количества точек пересечения. ФильТРованное изображение текущей итерации на момент останковки считается выходящим изображением.

Следующим шагом обработки является сегментация УЗИ-изображений желчного пузыря, которая классифицирует каждый пиксель обрабатываемого изображения соответственно определенному набору признаков. Для классификации используют критерии на основании локальной статистики гистограммы в окрестности обрабатываемого пикселя.

На рис. 3 представлена схема прибора сегментации УЗИ-изображений.

Входными данными есть значения интенсивности пикселей входного фильтрованного изображения и размеры изображения: столбцы и строки.

Определение пределов поддиапазонов интенсивностей осуществляется на основе анализа общей гистограммы УЗИ-изображения. Из гистограммы выделяют минимумы, которые будут служить границами поддиапазонов интенсивностей для дальнейшей классификации. Получение локальных гистограмм осуществляют обходом изображения скользящим окном и определением локальной статистики в пределах этого окна. В каждом конкретном положении окна определяется ширина диапазона интенсивностей, поддиапазоны с пиками гистограммы и количество этих пиков. После расчета всех показателей гистограммы скользящее окно смещается вправо, а потом вниз с шагом в 1 пиксель.

По полученным показателям локальной статистики по установленным правилам определяется принадлежность центрального пикселя в окне к определенной группе объектов. Это может быть гипер- или гипозоногенная область, полость с жидкостью или твердый объект.

Таким образом, каждый пиксель входящего УЗИ-изображения классифицируется как принадлежащий к определенному типу объектов. Пикселям, относящимся к объектам одного типа, присваивают одинаковые значения интенсивности.

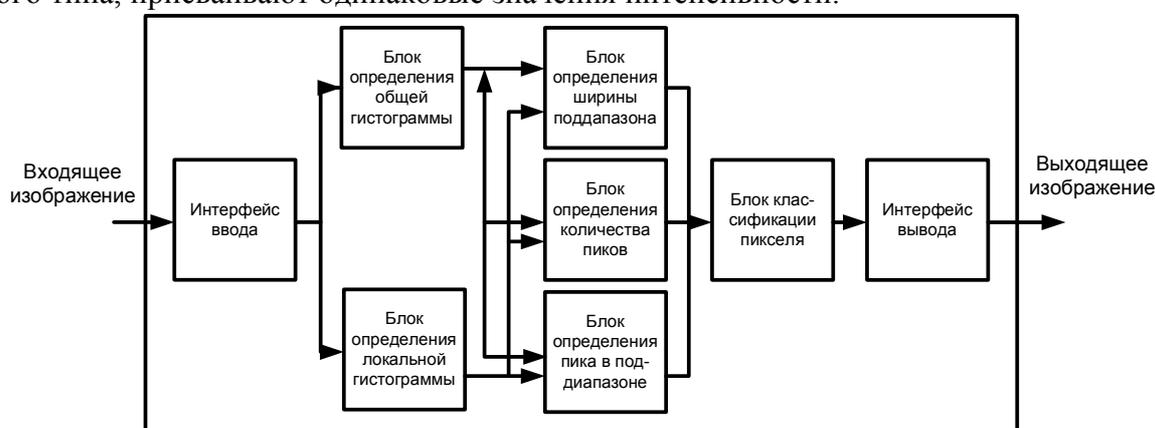


Рис. 3. Функциональная схема сегментатора УЗИ-изображений

Выделение размеров объектов на УЗИ-изображении является конечной операцией оценивания геометрических параметров УЗИ-изображений желчного пузыря и заключается в определении длины вектора, который задается пользователем точками на линиях раздела сегментированных объектов. Входными данными для метода выделения размеров сегментированных объектов является сегментированное изображение, а выходными – сегментированное изображение с определенными размерами избранных объектов.

Решение общей задачи автоматизированного оценивания геометрических параметров состоит из решения отдельных более мелких задач фильтрации шума, сегментации и определения размеров сегментированных объектов.

На рис. 4 представлены фрагменты УЗИ-изображения, полученные после выполнения каждого этапа обработки.

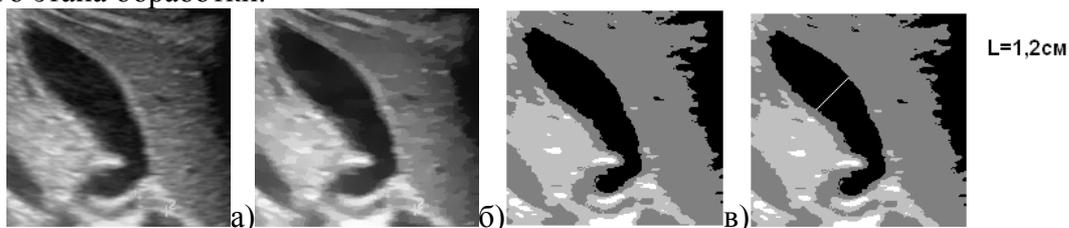


Рис. 4. Этапы оценивания геометрических параметров УЗИ-изображения желчного пузыря: а) входящее изображение, б) фильтрованное изображение, в) сегментированное изображение, г) сегментированное изображение с выделенными размерами

Разработано специализированное программное обеспечение «GB-diagnosis», обеспечивающее согласование работы устройств на ПЛИС и ПК и обеспечивающее возможность ведения базы данных пациентов с результатами их исследований. Интерфейс компьютерной программы «GB-diagnosis» представлен на рис. 5.

Разработанное ПО содержит такие элементы:

- вкладку с записями о пациентах и датами прохождения обследований;
- вкладку с информацией о пациенте;
- вкладку с инструментами для обработки УЗИ-изображений и определения геометрических – размеров объектов;
- вкладку для комментариев врача-диагноста.

Также существует возможность автоматического формирования отчета по исследованию в формате html.

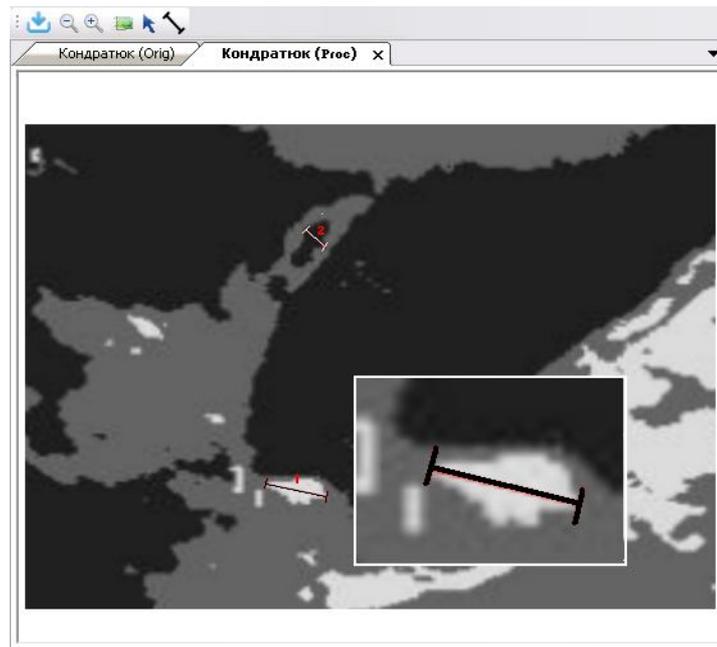


Рис. 5. Интерфейс программы «GB-diagnosis»

В отчете содержатся данные о пациенте, УЗИ-изображения и результаты исследования.

### Выводы

На основании проведенных исследований [2, 3] установлено, что решение проблемы диагностирования патологий желчного пузыря на УЗИ-изображении в дальнейшем будет развиваться в направлении разработки автоматизированных систем диагностики. В работе представлено аппаратно-програмное средство оценивания диагностических параметров желчного пузыря, позволяющее в интерактивном режиме определять геометрические параметры объектов желчевыводящей системы и вести электронные базы данных индивидуальных карточек пациентов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хофер М. Ультразвуковая диагностика. Базовый курс / М. Хофер. – М.: Мед.лит, 2006 – 104 с.
2. Проблеми і перспективи застосування методів візуального діагностування патології кульшового суглоба дітей [Електронний ресурс]: / Й. Й. Білинський, А. О. Мельничук, О. В. Мельничук // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – № 4. – 2009. Режим доступу до журн.: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2009-4/2009-4.files/uk/09jjbhjp\\_ua.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2009-4/2009-4.files/uk/09jjbhjp_ua.pdf).
3. Shrimadi V. Current trends in segmentation of medical ultrasound B-mode Images: A Review / V. Shrimadi,

R. S. Anand, V. Kumar // IETE Technical Review. – 2009. – vol 26. – P. 8 – 17.

4. Мельничук А. О. Адаптивний метод фільтрації УЗД-зображення на основі анізотропної дифузії / Й. Й. Білинський, А. О. Мельничук, О. А. Павлюк, В. П. Білинська // Методи та прилади контролю якості. – 2011. – № 26. – С. 15 – 21.

5. Білинський Й. Й. Метод сегментації ультразвукових зображень на основі аналізу локальної статистики гістограм / Й. Й. Білинський, А. О. Мельничук, О. А. Чумак // Вісник вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 6. – С. 102 – 107.

**Билинский Иосиф Иосифович** – д. т. н., проф., заведующий кафедрой электроники.

**Мельничук Андрей Александрович** – ассистент кафедры электроники.

**Юкиш Сергей Васильевич** – ассистент кафедры электроники.

Винницкий национальный технический университет.