

УДК 615.47

Т.Б. Иванова, В.Н. Локтюхин, А.А. Черепнин

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВИДЕОЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С РАСШИРЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

В процессе видеоэндоскопического обследования врачу необходимо учитывать множество различных по природе физиологических параметров организма пациента и сведений из истории болезни. Предлагается расширить функциональные возможности известных видеоэндоскопических систем за счет их дополнения компьютерной системой поддержки принятия решений для комплексного учета данных из истории болезни и помощи врачу в выявлении заболевания.

В настоящее время при исследовании внутренних полых органов человека, в том числе пищеварительной системы, все большее распространение получают эндоскопические методы. Зарубежные разработки последних лет в области видеоэндоскопической аппаратуры позволили значительно улучшить качество изображения, добиться устранения помех, реализации простейших функций обработки изображений, повышения удобства эксплуатации механической части эндоскопических систем. Методики проведения обследования в настоящее время тоже претерпели значительные изменения. Стало возможным, например, проведение видеоэндоскопического обследования во время лекарственного сна. На современном международном рынке видеоэндоскопических систем (ВЭС) наиболее

широко представлена продукция 3 брэндов [1]: Olympus, Pentax, Fujinon. Данные системы позволяют выполнять различные наборы функций, представленные в таблице. Дешевые (базовые) системы обладают достаточно ограниченным и практически идентичным набором функциональных возможностей независимо от производителя. Это такие функции, как: регулировка яркости и контрастности, формирование стоп-кадра, отображение на экране информации из паспортной части истории болезни пациента и др. Более дорогие системы характеризуются выполнением дополнительных функций, например формированием изображения в узкополосном спектральном диапазоне у Olympus, автоматической генерацией отчетов у Pentax и т.д.

Функции	Olympus		Pentax		Fujinon		3*
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	
Сравнительно невысокая цена	+	-	+	-	+	-	+
Регулировка яркости, контрастности	+	+	+	+	+	+	+
Автоматический баланс белого	-	+	-	+	-	+	+
Стоп-кадр	+	+	+	+	+	+	+
Цифровое увеличение	-	+	-	+	-	+	+
Отображение дополнительной информации	-	-	-	-	-	-	+
Наличие дополнительных функций для повышения достоверности диагностики	-	+	-	+	-	+	+
Формирование узкополосного изображения	-	+	-	-	-	-	+
Автоматическая генерация отчетов	-	-	-	+	-	-	+
Поддержка принятия диагностических решений	-	-	-	-	-	-	+
Учет влияния патогенетических факторов	-	-	-	-	-	-	+

1* – базовые модели (отличающиеся невысокой ценой)

2* – дорогие модели

3* – ВЭС с расширенными функциональными возможностями

Добавление в них новых функций сильно увеличивает общую стоимость системы. При этом ни одна из известных систем не позволяет учитывать данные истории болезни, а также влияние патогенетических факторов на развитие заболевания, что является их существенным недостатком. Расширение функциональных

возможностей стандартной ВЭС, включая элементы поддержки принятия решений [2], предлагается обеспечить посредством создания системы управления процессом видеоэндоскопической диагностики. На рисунке 1 приведена структурно-функциональная организация такой системы.



Рисунок 1

В ней выполнение дополнительных функций обеспечивается на основе персонального компьютера, введенного в состав системы совместно со средствами сопряжения его со стандартным видеоэндоскопом. Система состоит из трех взаимосвязанных компонентов: блока исходных данных и двух биотехнических систем – «Врач + Система поддержки принятия решений (СППР)» и «ВЭС + Пациент».

Блок исходных данных представляет собой совокупность сведений о развитии заболевания из медицинской карты больного, которая служит источником получения информации до эндоскопического обследования, а также конечным пунктом сохранения результатов диагностики. Информация, выбранная из истории болезни (симптомы заболевания, результаты анализов, патогенетические факторы и др.), передается далее в биотехническую систему «Врач + СППР».

Биотехническая система «Врач + СППР» предназначена для сбора как исходных данных, так и данных видеоэндоскопического обследования, их обработки, а также реализации процедур поддержки принятия решений, необходимых

для постановки диагноза врачом-эндоскопистом. Она объединяет врача, компьютер и средства его сопряжения с ВЭС и может быть изображена в виде трех взаимосвязанных уровней: 1-й – подсистема сбора, обработки, хранения и представления информации; 2-й – подсистема поддержки принятия решений, которая, используя модели, методы и процедуры эндоскопической диагностики, производит анализ информации, представленной с первого уровня, и дает рекомендации по постановке диагноза; 3-й – подсистема принятия решений, в которой врач-эндоскопист на основе полученной с предыдущих уровней информации осуществляет постановку диагноза.

Основными функциями системы «ВЭС + Пациент» являются: управление эндоскопом и связанные с ним изменения экспозиции, масштабирование, контрастирование, изменение цветовой гаммы, формирование и передача в биотехническую систему «Врач + СППР» изображения обследуемого органа и др.

Управление процессом видеоэндоскопической диагностики осуществляется по принципу организации системы с обратной связью, в соответствии с которым можно выделить 2 ее вида: 1) динамическая обратная связь, поддерживаю-

щая взаимодействие с врачом посредством учета влияния содержания видеозендоскопического изображения на положение эндоскопа и выбора области просмотра; 2) обратная связь, учитывающая диагнозы, поставленные ранее по результатам предыдущих эндоскопических обследований. Такая организация системы позволяет превратить диагностику из наблюдательного в управляемый процесс, в котором участвует как врач-эндоскопист, так и компьютерная система, помогающая ему поставить диагноз.

Работа ВЭС с расширенными функциональными возможностями начинается с определения для пациента возможных классов заболеваний в исследуемой области на основании данных истории болезни, что позволяет сократить продолжительность эндоскопического обследования и соответственно уменьшить время нахождения эндоскопа внутри пищеварительного тракта пациента. Имеющиеся в истории болезни сведения целесообразно представить в виде данных о влиянии на этиологию и патогенез заболевания следующих факторов: патогенетических (наследственная отягощенность, возраст, сопутствующие заболевания и др.) и симптоматических (диспепсия, загрудинная боль, хеликобактерная инфекция и др.). На их основе строится многофакторная модель выявления предполагаемых видов заболеваний (язвенная болезнь, полип, гастрит и др.), позволяющая предварительно определить множество патологий на видеоизображении. Результатом моделирования является указание врачу возможных патологий и коэффициентов уверенности (КУ) системы в правильно-

сти их установления. КУ представляет собой нечеткую величину и вычисляется по правилам нечеткой логики на основе мультипликативных (КМ) и аддитивных (КА) коэффициентов влияния вышеуказанных факторов. В частности, функция принадлежности КУ может быть получена по следующей формуле:

$$KY = \max_i \left(\min \left(\left(\min_j KM_{ij} \right); KA_i \right) \right),$$

где KA_i – аддитивный коэффициент влияния i -го фактора, KM_{ij} – j -й мультипликативный коэффициент влияния i -го фактора, $i \in [1; i_{\max}]$ – номер аддитивного фактора, $j \in [1; j_{\max}]$ – номер мультипликативного фактора, $j \subseteq i$.

Значения коэффициентов КА и КМ также представляют собой нечеткие величины, функции принадлежности которых могут быть найдены на основе экспертных или статистических методов оценки.

Далее, после предварительного определения возможных патологий, при проведении диагностики заболевания производится целенаправленный поиск информативных признаков на видеоизображении. Они бывают различных видов: геометрические, пространственно-спектральные, гистограммные, текстурные и т.д. Для примера рассмотрим кросс-корреляционный способ определения патологии на изображении, который выявляет текстурный признак кровотечения. Обобщенный алгоритм ее определения представлен на рисунке 2.

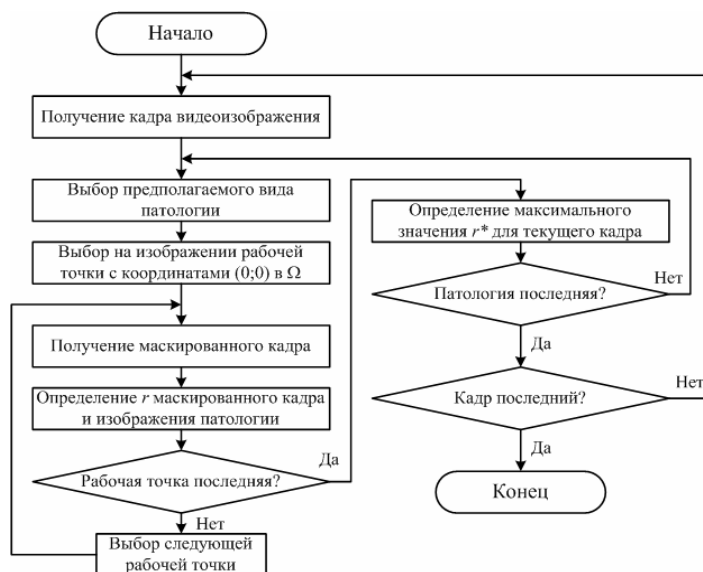


Рисунок 2

В его основе лежит вычисление коэффициента кросс-корреляции r^* изображения стан-

дартной патологии и текущего кадра обследования по следующей формуле:

$$r^* = \max_{\Omega} \left(\frac{\sum_{(x;y) \in \Omega} u(x;y) \cdot \sum_{(x;y) \in \Omega} u_0(x;y)}{\sqrt{\sum_{(x;y) \in \Omega} u^2(x;y) \cdot \sum_{(x;y) \in \Omega} u_0^2(x;y)}} \right),$$

где Ω – прямоугольная область пересечения изображения патологии и текущего кадра, $(x;y)$ – координаты текущей точки из Ω , $u(x;y)$ и $u_0(x;y)$ – значения яркостей точек изображений патологии и кадра соответственно с координатами $(x;y)$.

После его вычисления строится распределение r^* по плоскости кадра и определяется максимальное значение r^*_{max} . Его координаты будут указывать на наиболее вероятное расположение

патологии, а величина – на степень сходства патологии с участком кадра. Данное распределение показано на рисунке 3 в виде трехмерной поверхности с двумя измерениями-координатами и коэффициентом кросс-корреляции r^* , отложенным вдоль вертикальной оси. Распределение получается путем анализа видеозаписей эндоскопических обследований и вычисления коэффициента r^* с помощью системы MATLAB. Наибольшие пики представляются определенным цветом (например, красным), что помогает врачу более четко установить наличие и местоположение патологии на изображении.

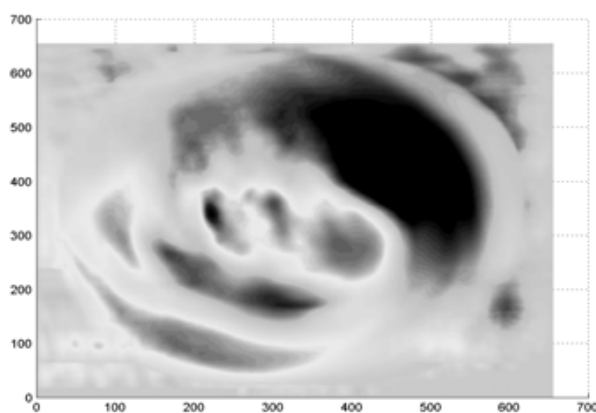
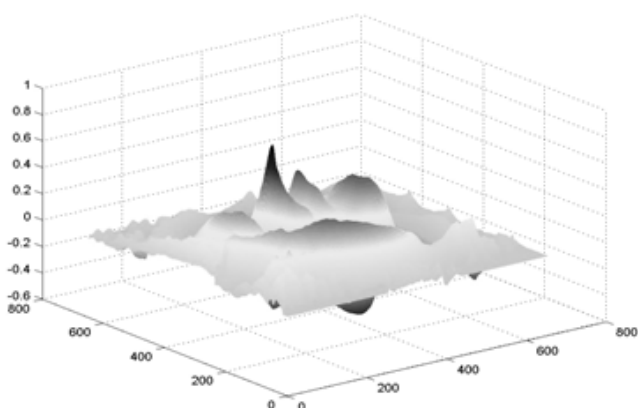


Рисунок 3

В рассматриваемой биомедицинской системе также реализованы такие функции, как контурирование возможных полипов, масштабирование выделенной области и др.

Таким образом, учитывая комплексно совокупность патогенетических факторов и симптомы заболевания на этапах от анамнеза до видеоэндоскопического и гистологического исследований, компьютерная система поддержки принятия решений сможет оказать помощь врачу-

эндоскописту в постановке диагноза, что повысит качество диагностики, уменьшив при этом время обследования пациента до минимума.

Библиографический список

1. Официальный сайт эндоскопии в России от 04.07.2006 // www.endoscopy.ru.
2. Острейковский В.А. Теория систем // М.: Высшая школа, 1997, 240 с.