

ВЛИЯНИЕ ПСИХОФИЗИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗРЕНИЯ ОПЕРАТОРА НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ РАЗМЫТЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

к.т.н. В.Г. Малюк, О.В. Борисенко, к.т.н. А.В. Харченко
(представил д.ф.-м.н., проф. А.И. Бых)

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований влияния психофизических особенностей зрения человека на систематическую ошибку измерения геометрических размеров изображений с размытыми границами.

Постановка проблемы. При выполнении научных исследований и в медицинской практике операторам часто приходится работать с изображениями объектов, контуры и границы которых отображены недостаточно четко [1 – 3]. При выполнении геометрических измерений возникает систематическая ошибка, которая может существенным образом повлиять на результаты исследований. Погрешность измерений зависит от индивидуальных психофизических особенностей зрения оператора и параметров (средней яркости, степени размытия границ, текстуры) исследуемого изображения [4, 5]. Методика исследования и статистическая оценка систематической ошибки измерений, учитывающие индивидуальные особенности операторов, составляют научную проблему, которая требует своего решения.

Анализ литературы. Анализу влияния психофизических особенностей зрения человека было посвящено относительно небольшое количество работ [4 – 7]. В указанных работах констатируют факт наличия систематической ошибки измерений, но в них отсутствуют количественные оценки этих ошибок. Особенно это касается обработки компьютерных изображений, которые широко используются в лучевой диагностике (рентгенографии, томографии, ультразвуковой интроскопии и т.д.) [8].

Цель статьи. Для определения подходов к решению задачи устранения систематической ошибки измерения геометрических размеров элементов изображения с размытыми границами перепадов яркости, необходимо выявить общую тенденцию изменения величины абсолютной погрешности при изменении яркости окружающего фона и произведе-

сти численную оценку влияния психофизических особенностей зрения на точность измерений. В статье предлагается методика экспериментальных исследований на модели, а также приводятся результаты статистической оценки систематической погрешности измерений.

Описание исследований. Для выяснения характера влияния особенностей зрения оператора на ошибку измерений при различной освещенности были проведены экспериментальные исследования, выполненные с использованием специально разработанного программного обеспечения:

1. На экран монитора в случайном порядке выводились тестовые изображения, представляющие собой фон, яркость которого по оси Y оставалась неизменной, а по оси X изменялась в соответствии с выражением

$$I(x) = b + \frac{64}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma}} \cdot \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx, \quad (1)$$

в котором параметр $\sigma^2 = 32$, параметр m принимал случайные значения на интервале от 127 до 385, а параметр b последовательно изменялся, принимая одно из значений на множестве $\{0, 16, 32, 48, 64, 80, 96, 112, 128, 144, 160, 176, 192\}$. Для такого тестового изображения значение перепада яркости определяется первой производной от выражения (1)

$$\frac{dI(x)}{dx} = \frac{64}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

а координата максимального перепада яркости по оси X равна m (рис. 1.).

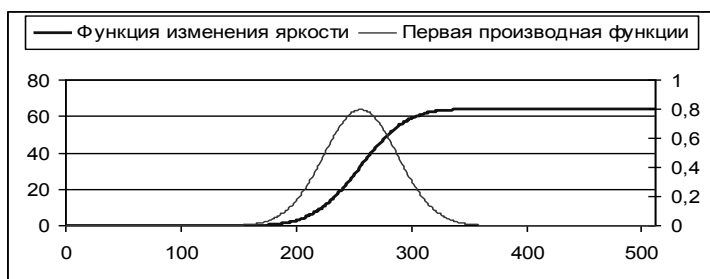


Рис. 1. Функция изменения яркости и ее первой производной на тестовом изображении

На рис. 2 приведено тестовое изображение, соответствующее выражению (1) при следующих значениях параметров:

$$m = 256; \sigma^2 = 32; b = 112.$$

Ширина приведенного изображения 512 пикселей и, при математическом ожидании 256, максимальный перепад находится в центре.



Рис. 2. Тестовое изображение

2. Группе операторов из 11 человек было предложено выбрать точку горизонтали, где по их мнению наблюдается максимальное значение перепада яркости, установив, пользуясь манипулятором «мышь», курсор на соответствующую позицию и щелкнув левой клавишей (рис. 3). После этого предлагалось загрузить следующее тестовое изображение.

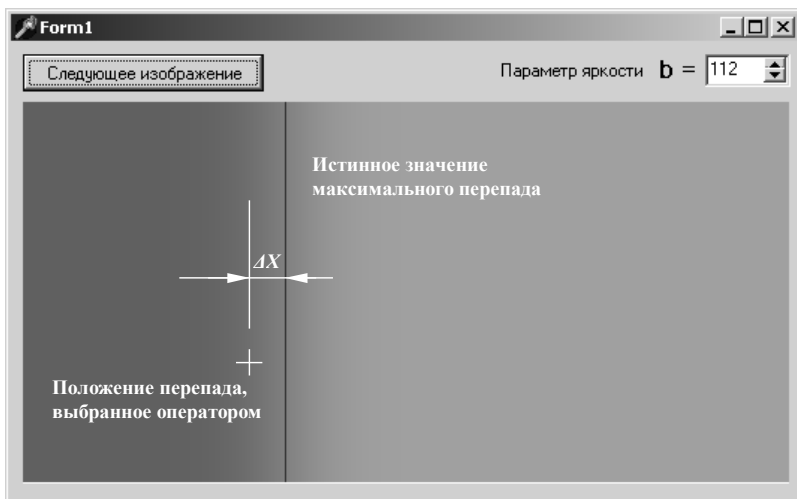


Рис. 3. Диалоговое окно программы тестирования операторов

3. Координаты указанной оператором границы максимального пе-

перепада X сравнивались с истинным значением перепада m . Абсолютным значением ошибки выделения границы являлась разность между истинным значением положения максимального перепада и значением, отмеченным оператором $\Delta X = X^* - m$.

4. Каждый оператор выполнял 11 циклов оценок (каждое значение b повторялось 11 раз), после чего производилось ранжирование полученных оценок, исключение 3-х максимальных и 3-х минимальных оценок (27% оценок), которые считались «сорными», а остальные результаты усреднялись.

На рис. 4 представлен график отражающий влияние яркости фона изображения на систематическую ошибку выделения перепада яркостей.

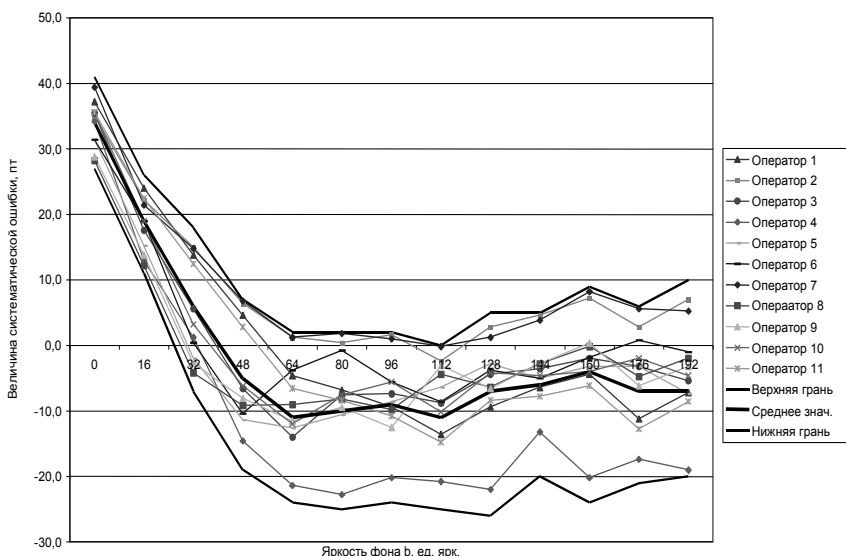


Рис. 4. График зависимости величины абсолютной погрешности от средней яркости фона изображения

Выводы. Из проведенных исследований видно, что систематическая ошибка для всех операторов зависит от средней яркости фона изображения, а ее величина в основном определяется индивидуальными особенностями зрения индивидуума. Существует интервал значений средней яркости фона (80 – 115 ед. ярк), в пределах которого среднее значение систематической ошибки близко к нулю. Однако величина ошибки для разных операторов может быть весьма значительной, что, несомненно, снижает точность проводимых измерений объектов на раз-

мытых ультразвуковых изображениях. Это определяет актуальность решения задачи устранения систематических ошибок, связанных с психофизическими особенностями зрения человека, которая может быть выполнена при вторичной обработке изображений с использованием методов контрастирования [4 – 7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Шиллер Н. Осипов М.А. Клиническая Эхокардиография. – М.: Мир, 1993. – 347 с.
2. Абдуллаев Р.Я., Шиллер Н. Фостер Э., Соболев Ю.С. Современная эхокардиография. – Х.: Фортуна-Пресс, 1998. – 240 с.
3. Харченко А.В. Выделение контуров размытых изображений с использованием полиномиальной интерполяции // Проблемы бионики. – Х.: ХНУРЭ. – 2001. – Вып. 55. – С. 78 – 79.
4. Прэнтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Кн. 1. – 312 с.
5. Прэнтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Кн. 2 – 480 с.
6. Харченко А.В. Вторичная обработка ультразвуковых изображений // Системы обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вып. 2 (18). – С. 269 – 271.
7. Крахмалова Е.О., Криворучко И.А., Харченко А.В. Повышение качества диагностики венозной тромбоземболии путем использования оригинального метода вторичной обработки ультразвукового изображения // Харківська хірургічна школа. – Х.: Інститут загальної та невідкладної хірургії АМН України. – 2002. – Вып. 2 (3). – С. 26 – 27.
8. Воробьев А.С., Бутаев Т.Д. Клиническая эхокардиография у детей и подростков: Руководство для врачей. – С.-Пб.: Специальная Литература, 1999. – 423 с.

Поступила 2.09.2004

МАЛЮК Виктор Григорьевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры Биомедицинских электронных устройств и систем Харьковского Национального университета радиоэлектроники. В 1976 году окончил Харьковский Национальный университет радиоэлектроники. Область научных интересов – компьютерное моделирование в биологии и медицине, обработка биомедицинской информации.

БОРИСЕНКО Ольга Викторовна, врач-кардиолог отделения сердечно-сосудистой хирургии Института общей и неотложной хирургии АМН Украины. В 2003 году окончила Харьковский Государственный медицинский университет. Область научных интересов – электрофизиологические и ультразвуковые методы исследования сердца.

ХАРЧЕНКО Алексей Викторович, канд. техн. наук, инженер отделения клинко-инструментальной и ультразвуковой диагностики Института общей и неотложной хирургии АМН Украины. В 2001 году окончил Национальный аэрокосмический университет «ХАИ». Область научных интересов – вторичная обработка ультразвуковых изоб-

ражений и программно-аппаратные методы выделения признаков сердечно-сосудистых заболеваний. E-mail: writeme@bigmir.net.