

РАСЧЕТ И ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ МЕТОДОМ КОНТРАСТНОГО КОНТУРИРОВАНИЯ ЯТРОГЕННЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА ЦИФРОВЫХ ОРТОПАНТОМОГРАММАХ

к.м.н., проф. Е.Я. Костенко¹, к.м.н. Р.В. Клевно², М.Ю. Гончарук-Хомин¹

¹ Кафедра ортопедической стоматологии, научно-исследовательский центр судебной стоматологии (зав. — проф. Е.Я. Костенко) Ужгородского национального университета, Украина

² Отделение современных технологий протезирования (зав. — проф. А.Н. Ряховский) ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России, Москва

Аннотация: В статье представлены результаты экспериментальных расчетов погрешностей соотношения векторных моделей цифровых ортопантомограмм при идентификации лиц методом контрастного контурирования стоматологических вмешательств. Расчеты были проведены на 112 цифровых ортопантомограммах пациентов в масштабных соотношениях 1:1, 1:1,25, 1:1,32 с определением уровней относительных и абсолютных погрешностей. Теоретически обоснована эффективность использования метода контрастного контурирования в трех экспериментальных группах путем математического расчета отклонений среднеквадратических значений координат каждого исследуемого контура.

Ключевые слова: идентификация, метод контрастного контурирования, абсолютные и относительные погрешности

CALCULATION AND EVALUATION OF ERRORS FOR IDENTIFICATION PARAMETERS USING METHOD OF CONTRAST COUNTORING OF IATROGENIC INTERVENTIONS ON DIGITAL PANORAMIC X-RAYS

Ye.Ya. Kostenko, R.V. Klevno, M.Yu. Goncharuk-Khomyn

Abstract: The article represents the results of experimental calculations of error ratio of vector models of digital panoramic X-rays photos using method of contrast trace contour for dental interventions during person identification. The calculations were performed on 112 patients' panoramic X-ray photos in digital scale ratios of 1:1, 1:1,25, 1:1,32 with calculation levels of relative and absolute errors. Theoretically proved the effectiveness of the method of contrast trace contour in the three experimental groups by mathematically calculating the deviation of mean quadratic values of the coordinates of each test contour.

Keywords: Identification, method of contrast trace contour, the absolute and relative errors

ВВЕДЕНИЕ

Метод контрастного контурирования стоматологических вмешательств относится к системе сканирующих методик дентальной идентификации, разработанной Костенко Е.Я., Мишаловым В.Д., Бедой В.И. в 2012 г. на базе научно-исследовательского центра судебной стоматологии Ужгородского национального университета [3]. Он основан на определении яркости исследуемых объектов зубочелюстного аппарата, расчете значений оптического контраста и построении неориентированных графов стоматологических конструкций, представленных в форме матриц смежности и двумерных массивов [6]. Сопоставление и сравнение цифровых ортопантомограмм происходит по всем вышеперечисленным характеристикам с целью поиска идентичных или приближенных значений, которые обеспечат положительный результат проведенной идентификации личности по стоматологическому статусу.

Эффективность метода подтверждена в возрастной группе 18–45 лет, что обусловлено удовлетворительным состоянием твердых тканей зубов, сохраненными качествами основных пломбировочных материалов, ортопедических и ортодонтических конструкций, результатов проведенных хирургических манипуляций [1, 2]. Однако, учитывая то, что рентгенографические исследования проводятся в различных стандартизированных масштабных соотношениях [4, 5], возник вопрос проверки эффективности метода контрастного контурирования при различных графических увеличениях цифровых ортопантомограмм [7].

Цель исследования: разработать алгоритм проверки эффективности метода контрастного контурирования стоматологических вмешательств в различных стандартизированных масштабных соотношениях цифровых ортопантомограмм путем проектирования контуров рентгенографических изображений на пря-

моугольную систему координат в автоматическом режиме. Определить уровни абсолютных и относительных погрешностей среднеквадратических значений координат каждого исследуемого контура. Обосновать целесообразность использования метода контрастного контурирования в условиях масштабного увеличения цифровых ортопантомограмм на основе полученных математических результатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проверки эффективности использования метода контрастного контурирования стоматологических вмешательств в условиях изменившихся масштабных соотношений было исследовано 112 цифровых ортопантомограмм 56 пациентов Университетской стоматологической поликлиники Ужгородского национального университета в возрасте от 18 до 45 лет. Половое соотношение организованной выборки составляет 25 мужчин и 31 женщину. Из архива научно-исследовательского центра судебной стоматологии были получены базовые цифровые ортопантомограммы данных пациентов с интервалом повторных снимков от одного до пяти лет. Данная выборка была разделена на три экспериментальные группы: I группа — 32 снимка в масштабе 1:1 (16 пациентов — 7 мужчин и 9 женщин), II группа — 42 снимка в масштабе 1:1,25 (21 пациент — 9 мужчин и 12 женщин), III группа — 38 снимков в масштабе 1:1,32 (19 пациентов — 9 мужчин и 10 женщин). Для анализа эффективности методики был предложен алгоритм проектирования контуров рентгенографических изображений на прямоугольную систему координат в автоматическом режиме с учетом изменений масштабных соотношений базового и повторного рентгенологического снимков. С помощью графических редакторов цифровую ортопантомограмму конвертируют в абсолютно контрастное изображение, на котором результаты стоматологических вмешательств представлены белыми контурами, а окружающая костная ткань — черным фоном. После этого рентгенологический снимок переносили на прямоугольную систему координат. Для каждого контрастного объекта происходил расчет площади и поиск значений координат x и y для центра массы объекта и восьми его проекционных точек на базовой ортопантомограмме.

Аналогичный алгоритм использовался и для анализа увеличенного в масштабе повторного рентгенологического снимка. Учитывая значения координат восьми проекционных точек объекта, происходит поиск средних квадратичных значений координат x и y исследуемого контура на базовой ортопантомограмме по формулам:

$$I_{kx}^i = \sqrt{\frac{1}{N} (x_1^{i2} + x_2^{i2} + \dots + x_N^{i2})},$$

$$I_{ky}^i = \sqrt{\frac{1}{N} (y_1^{i2} + y_2^{i2} + \dots + y_N^{i2})}$$

где I_{kx}^i — среднее квадратичное значение координат x исследуемого контура на базовой ортопантомограмме;

I_{ky}^i — среднее квадратичное значение координат y исследуемого контура на базовой ортопантомограмме;

N — количество проекционных точек исследуемого контура ($N = 8$) на базовой ортопантомограмме;

$x_1^i, x_2^i, x_3^i, \dots, x_N^i$ — координаты проекционных точек исследуемого контура по оси абсцисс (x) на базовой ортопантомограмме;

$y_1^i, y_2^i, y_3^i, \dots, y_N^i$ — координаты проекционных точек исследуемого контура по оси ординат (y) на базовой ортопантомограмме.

Аналогичные формулы используются и для поиска средних квадратичных значений координат x и y соответственного контура на повторной ортопантомограмме:

$$I_{kx}^{i+1} = \sqrt{\frac{1}{N} (x_1^{i+12} + x_2^{i+12} + \dots + x_N^{i+12})},$$

$$I_{ky}^{i+1} = \sqrt{\frac{1}{N} (y_1^{i+12} + y_2^{i+12} + \dots + y_N^{i+12})}$$

где

I_{kx}^{i+1} — среднее квадратичное значение координат x соответственного контура на повторной ортопантомограмме;

I_{ky}^{i+1} — среднее квадратичное значение координат y соответственного контура на повторной ортопантомограмме;

N — количество проекционных точек соответственного контура ($N = 8$) на повторной ортопантомограмме;

$x_1^{i+1}, x_2^{i+1}, x_3^{i+1}, \dots, x_N^{i+1}$ — координаты проекционных точек соответственного контура по оси абсцисс (x) на повторной ортопантомограмме;

$y_1^{i+1}, y_2^{i+1}, y_3^{i+1}, \dots, y_N^{i+1}$ — координаты проекционных точек соответственного контура по оси ординат (y) на повторной ортопантомограмме.

Уровни абсолютных и относительных погрешностей определяются по формулам:

$$\left| I_{kx}^i - I_{kx}^{i+1} \right| = \Delta I_{kx} \quad \left| I_{ky}^i - I_{ky}^{i+1} \right| = \Delta I_{ky}$$

$$\delta I_{kx} = \frac{\Delta I_{kx}}{I_{kx}^{i+1}} \times 100\% \quad \delta I_{ky} = \frac{\Delta I_{ky}}{I_{ky}^{i+1}} \times 100\%$$

где

I_{kx}^i — среднее квадратичное значение координат x исследуемого контура на базовой ортопантомограмме;

I_{ky}^i — среднее квадратичное значение координат y исследуемого контура на базовой ортопантомограмме;

I_{kx}^{i+1} — среднее квадратичное значение координат x исследуемого контура на повторной ортопантомограмме;

I_{ky}^{i+1} — среднее квадратичное значение координат y исследуемого контура на повторной ортопантомограмме;

ΔI_{kx} — результат абсолютной погрешности среднеквадратичного значения координат x ;

ΔI_{ky} — результат абсолютной погрешности среднеквадратичного значения координат y ;

δI_{kx} — результат относительной погрешности среднеквадратичного значения координат x ;

δI_{ky} — результат относительной погрешности среднеквадратичного значения координат y .

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проверка метода идентификация лиц путем контрастного контурирования ятрогенных вмешательств на основе анализа цифровых ортопантомограмм с раз-

Информация о контурах № 2 и № 2' в масштабе 1:1,25			
Контур	Контур №2	Контур №2	Контур №2
Площадь	2390	2641	
Координаты центра массы	X	Y	Y'
	501,01841	120,560669	134,27
Диаметр	55,00	57,00	
Координаты контура	X	Y	X'
	454,5 477,5 551,5 551,5 525,5 514,5 450,5 450,5	102,5 102,5 112,5 119,5 138,5 138,5 115,5 108,5	555,5 556,5 563,5 563,5 537,5 514,5 457,5 457,5
Средние квадратические значения координат	$I_{kx} = \sqrt{\frac{1}{N}(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2)}$	$I_{ky} = \sqrt{\frac{1}{N}(y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_N^2)}$	$I_{kx}^{i+1} = \sqrt{\frac{1}{N}(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2)}$ $I_{ky}^{i+1} = \sqrt{\frac{1}{N}(y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_N^2)}$
	472,58488	110,72813	502,028355 120,309886
Абсолютная ошибка x $\left I_{kx}^i - I_{kx}^{i+1} \right = \Delta I_{kx}$ Относительная ошибка x $\delta I_{kx} = \frac{\Delta I_{kx}}{I_{kx}^{i+1}} \times 100\%$	$\Delta I_{kx} = 472,58488 - 502,028355 = 29,44$		
	$\delta I_{kx} = (472,58488 - 502,028355 / 502,028355) * 100\% = 5,86\%$		
Абсолютная ошибка y $\left I_{ky}^i - I_{ky}^{i+1} \right = \Delta I_{ky}$ Относительная ошибка y $\delta I_{ky} = \frac{\Delta I_{ky}}{I_{ky}^{i+1}} \times 100\%$	$\Delta I_{ky} = 110,72813 - 120,309886 = 9,58$		
	$\delta I_{ky} = (110,72813 - 120,309886 / 120,309886) * 100\% = 7,96\%$		

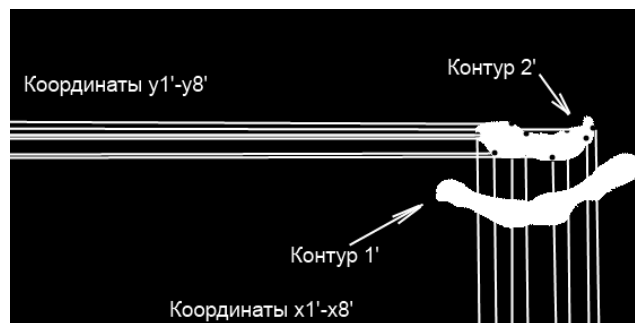
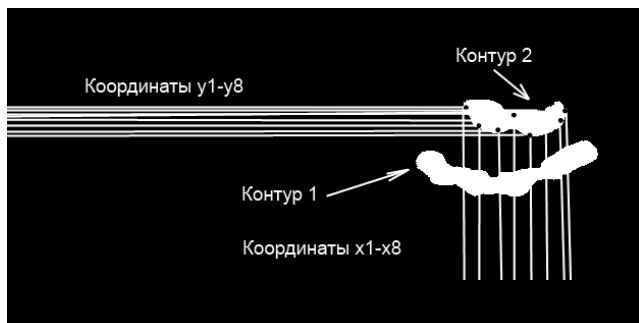
ными уровнями масштабирования показала следующие результаты.

В первой группе исследования уровень абсолютных ошибок составлял — $9,31 \pm 0,85$, что соответствует значению относительных ошибок — $4 \pm 1,49\%$.

Во второй группе исследования уровень абсолютных ошибок составлял — $18,46 \pm 1,32$, что соответственно равно значению относительных ошибок — $7,31 \pm 2,51\%$.

В третьей группе исследования уровень абсолютных ошибок составлял — $23,18 \pm 2,86$, что соответствует значению относительных ошибок — $11 \pm 3,43\%$.

Пример расчета абсолютной и относительной ошибок среднеквадратических значений координат контуров №2 и №2' базовой и повторной ортопантограммы в масштабном соотношении 1:1,25



ВЫВОДЫ

1. Проверка метода дентальной идентификации путем контрастного контурирования ятрогенных вмешательств обнаружила позитивные результаты в трех экспериментальных группах пациентов, которые имели базовую и повторную ортопантограмму с временным интервалом от одного до пяти лет в масштабных соотношениях 1:1, 1:1,25, 1:1,32.

2. Величины абсолютных и относительных отклонений возрастают при увеличении масштабных соотношений, однако эффективность методики продолжает находиться в границах позитивного результата проведенной дентальной идентификации. Использование системы сканирующих методик, среди которых методы сопоставления интенсивности изображения, релевантного сопоставления кластерных объектов цифровых ортопантограмм, константных антропометрических индексов нижней челюсти, позволит устранить недостатки использования контрастного контурирования в условиях изменения масштаба рентгенологических исследований, и обеспечит комплексный подход к идентификации стоматологического статуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kostenko Ye. Forensic dentistry: from age determination to identification/

Для корреспонденции:

КОСТЕНКО Евгений Яковлевич — кандидат медицинских наук, доцент, зав. кафедрой ортопедической стоматологии Ужгородского национального университета, декан стоматологического факультета, директор Научно-исследовательского центра судебной стоматологии, Украина. Адрес: 88000, г. Ужгород, ул. Подгорная, 46. +38 03122 64-03-61, 3-33-41 • E-mail: k-sme@nmapo.edu.ua

КЛЕВНО Роман Владимирович — кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения современных технологий протезирования ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России. Адрес: 125326, г. Москва, ул. Тимура Фрунзе, д. 16. +7 903 247-64-48 • E-mail: r.v.klevno@yandex.ru

ГОНЧАРУК-ХОМИН Мирослав Юрьевич — научный сотрудник Научно-исследовательского центра судебной стоматологии, Украина. Адрес: 88000, г. Ужгород, ул. Университетская, 16а. +38 099 12-12-813 • E-mail: mirhom@rambler.ru

Анализ причин снижения эффективности идентификации объясняется изменением значений координат восьми проекционных точек и центра массы контура при максимальном соотношении масштабов в 1:1,32. Однако, даже при таком масштабировании эффективность методики составляет 85,57–92,43%, а ее использование в комплексе с другими сканирующими методами идентификации по стоматологическому статусу обеспечит позитивные конечные результаты дентальной идентификации.

Ye. Kostenko, N. Bobrov // Folia Societatis Medicinae Legalis Slovacae. — 2012. — V. 2. — N.1. — P. 41–46.

2. Summers R. Forensic dental photography/ R. Summers, D. Lewin // Practical Forensic Odontology, Edited by Clarck DH Wright. — 1992. — P. 188–205.

3. Мішалов В.Д. Комп'ютерна ідентифікація осіб за стоматологічним статусом: методичні рекомендації/ В.Д. Мішалов, В.І. Біда, Є.Я. Костенко, Ю.Ю. Переста Ю.Ю. — К.: 2012. — 28 с.

4. Рабухина Н.А. Рентгендиагностика в стоматологии/ Н.А. Рабухина, А.П. Аржанцев. — М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 1999. — 452 с.

5. Паслер Ф.А., Всиссер Х. Рентгендиагностика в практике стоматолога. Пер. с нем./ Под. общ. ред. Н.А. Рабухиной. — М.: МЕД-пресс-информ, 2007. — 352 с.

6. Костенко Є.Я. Скануючі методики комп'ютерної ідентифікації особи за цифровими ортопантограмами: методичні рекомендації/ Є.Я. Костенко, В.І. Біда, В.Д. Мішалов. — К. 2012. — 17 с.

7. Костенко Є.Я., Клевно Р.В., Гончарук-Хомин М.Ю., Цигика О.И. Расчет и оценка погрешностей параметров идентификации лиц методом контрастного контурирования ятрогенных вмешательств на цифровых ортопантограммах. // Журнал Медицинская экспертиза и право. — 2013. — № 1. — С. 31–34.