

ERROR TYPE CONVERSION PATH - PATH» IN THE AUTOMATED SYSTEMS OF PROCESSING OF BIOMEDICAL IMAGING

The analysis of the histological and cytological images characteristics and automated biomedical images processing systems is provided. The structure of "contour-contour" transformation error and its evaluation is explored. A computer experiments of contours transformation error evaluation is done based on cytological images example.

Key words: transformation, cytological images, error, contour.

Introduction

Raster images obtained by any biomedical techniques used for the visual and automated analysis in medicine and biology call biomedical images (BMI).

Sources of generation BMI is: digital radiography [1], tomography, x-ray computer tomography. Preliminary processing of such images [2, 3] always includes features eliminate noise, global and local histogram equalization sharpening. In a number of works reflected methods, algorithms, information technologies and systems of processing of the BMZ[4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Light microscopy is one of the methods of research of Cytology and histology.

Histological and cytological images have such features: a small clarity; contain micro-objects, surrounded by a complex geometrical and optical characteristics of the background; variations in brightness levels objects are the same as the background that surrounds them; depending on the degree optical zoom images of some micro-objects are allocated better, and others are lost; containing the field with a repeating structure; the stability of the color palette for the image samples, which are made from the famous dyes.

Micro-objects on histological images have slices of tissue certain authorities [11]. Tissue consists of cells of round form, placed in layers, with a size of several micrometers; the smallest of them - from 0.5 to 1.2 microns. Objects on cytological images have some randomly placed cells.

The set of methods for quantitative estimation of parameters of cellular and tissue structures of the histological or cytological preparations (or images) called morphometric methods. Thanks to their use, define the following parameters: diameter, height, thickness, sectional area, the number of micro-objects on the unit square, their form, and others With the morphometry of microobjects on histological preparations need to consider that the valuation parameters are not the tissue components, and their intersections cuts.

For the quantitative description of microobjects on cytological images using such signs [12]: - size of the cells, the size of the nucleus of the cell, the optical density of the nucleus of the cell on a scale of shades of grey, square cytoplasm etc.

For a qualitative description of microobjects on cytological images using such signs [12]: the boundaries of the cytoplasm (clear, fuzzy), localization vacuoles (on the periphery, near the kernel), the kernel form (round, oval), contour kernel (equal, uneven), polymorphism nuclei (weak, significant), the layering of the nuclei of cells, the presence of bare nuclei (the nucleus of cells, which completely lost cytoplasm), chromatin structure (uniform, uneven, fine-grained, coarse), the presence of intranuclear inclusions, vacuoles in the kernel, the number of nucleoli (single, multiple), their position (Central, eccentric).

Objects on histological images have slices of tissue certain authorities [11]. Tissue consists of cells rounded placed layers, which sizes range from 0.5 to 3 microns.

For the analysis of BMI use the automated systems of processing of biomedical imaging (АСОБМИ) [13]. The software of modern АСОБМИ is composed of the following procedures processing BMZ: pre-processing of the input image, the computation of the characteristic features of calculation of statistical characteristics output of information in a visual format, and provides interaction with other software such as MS Word, MS Excel, MS Access, FoxPro, etc

An important problem with the analysis of the BMZ is the identification and analysis of diagnostic features, which are used for diagnosis. Informative sign in this process is to outline the function of the BMZ, which contains information about the status of microobjects and of pathological processes in them. In the works studied convert paths in афинном and topological spaces [14, 15]. However, remained unstudied conversion error paths and their components.

Therefore, an important task is to study the errors of type conversion path - path to the implementation of the transformations of images with the given error at the analysis of cytological images.

Statement of the problem

Let two images Im_1 and Im_2 . Present them in the form $Im_1 = C_1 \cup O_1$, $Im_2 = C_2 \cup O_2$, where C_1 , C_2 – contours, and O_1 , O_2 – internal image area. Contours C_1 , C_2 a coherent and closed, i.e. :

$$C_1 = \left\{ C_1(x_i, y_j) \mid (x_i, y_j) \rightarrow (x_m, y_n); m \in \{i-1, i, i+1\}, n \in \{j-1, j, j+1\}, i, j = \overline{1, l}, x_1 = x_l, y_1 = y_l \right\}; \quad (1)$$

$$C_2 = \left\{ C_2(x_i, y_j) \mid (x_i, y_j) \rightarrow (x_m, y_n); m \in \{i-1, i, i+1\}, n \in \{j-1, j, j+1\}, i, j = \overline{1, k}, x_1 = x_k, y_1 = y_k \right\}. \quad (2)$$

According to the theorem, the Jordan [16] for closed areas there is a conversion T , i.e. $C_2 = T(C_1)$. Ask conversion error ε_T , necessary to make the transition from C_1 to C_2 , i.e. $C_2 = T(C_1)$, where T – perfect conversion. Because a perfect conversion between circuits unknown C_1 and C_2 , you will find the conversion between circuits C'_1 and C'_2 . Then $C'_2 \approx T^r(C'_1)$, where T^r – real conversion between C'_1 and C'_2 . Then conversion error is equal to $\varepsilon_T = C_2 - T^r(C_1)$. In the metric L_∞ deviation equal to $\varepsilon_T = \max\{x_i - x'_i; y_i - y'_i\}$, $i = \overline{1, N}$.

You must find the error in conversion ε_T and its components.

Error type conversion “contour – contour”

Approximate contours C_1 and C_2 continuous parametric curves $C_{\alpha 1}$ and $C_{\alpha 2}$, where $C_{\alpha i} = \left\{ C_j(\theta, \alpha), \theta \in [0, T] \right\}$, $i = \overline{1, 2}$, $j = \overline{1, s}$, where s – the number of piecewise found curves.

Parameter θ specifies the position of a point on the curve $C(\theta, \alpha)$, and $\alpha \in A$ specifies a specific curve in some class.

Continuous parametric curve is approximated segments of curves $C_j(\theta, \alpha)$, i.e. $C_{\alpha 1} = \bigcup_{j=1}^u C_j(\theta, \alpha)$,

$C_{\alpha 2} = \bigcup_{j=1}^w C_j(\theta, \alpha)$, where u and w – the number of аппроксимированных segments of the first and

second circuits in accordance.

For each curve C_α enter the value of : $\eta(C_{\alpha 1}, C'_1) = \inf_{\alpha \in A} \eta(C_{\alpha 1}, C'_1) \leq \varepsilon_1$ end

$\eta(C_{\alpha 2}, C'_2) = \inf_{\alpha \in A} \eta(C_{\alpha 2}, C'_2) \leq \varepsilon_2$, where ε_1 and ε_2 the accuracy of approximation of the first and

second curves.

Then we obtain the function $C_1 \rightarrow r_1 = f_1(\theta)$, $C_2 \rightarrow r_2 = f_2(\theta)$.

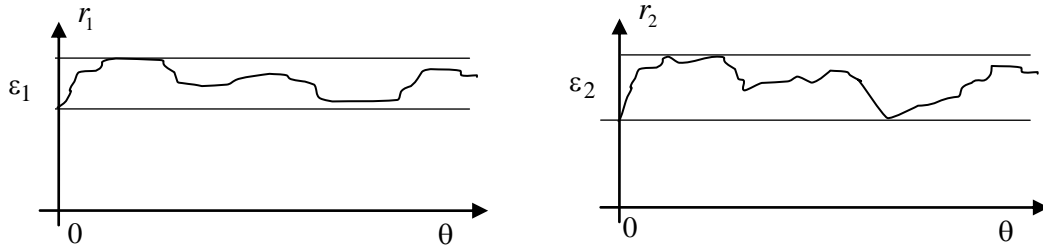


Fig.1. Functions of the first and second circuits

Approval. Upper limit of error of conversion between two paths C_1 and C_2 smooth

$$\varepsilon_T = \varepsilon_{C_2} + T^r \varepsilon_{C_1}. \quad (3)$$

Bringing.

By definition, conversion error is equal to $\varepsilon_T = C_2 - T^r(C_1)$. Conversion T^r [14] you can define as:

$$T^r(x, y) = \left(\frac{b_2 - a_2}{b_1 - a_1} (x - a_1) + a_2; \varphi_{21}^k(x') \right), \quad (4)$$

where $x' = \frac{b_2 - a_2}{b_1 - a_1} (x - a_1) + a_2$ – abscissa, $\varphi_{21}^k(x')$ – ordinate. Figures 2,3 shows a segment of the first circuit, which апроксимований function $\varphi_{11}^k(x)$ and the segment of the second circuit, which апроксимований function $\varphi_{21}^k(x')$.

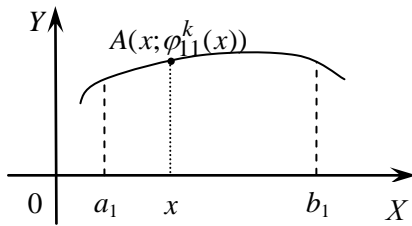


Fig. 2. Segment for the first circuit

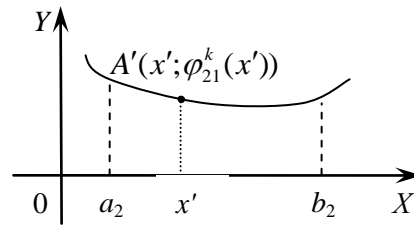


Fig. 3. Segment of the second circuit

Define error ε_T through error components. It is equal to $\varepsilon_T = \varepsilon_{C_2} + \varepsilon_{T^r} C_1 + T^r \varepsilon_{C_1} + \varepsilon_{T^r} \varepsilon_{C_1}$.

Because $\varepsilon_{T^r} \ll \varepsilon_{C_2}$ і $\varepsilon_{T^r} \ll \varepsilon_{C_1}$ then the expression for ε_T will have a look $\varepsilon_T = \varepsilon_{C_2} + T^r \varepsilon_{C_1}$, what to prove.

We give an algorithm to determine the error of conversion circuits.

Algorithm to determine the error of type conversion “contour – contour”

1) Для двох заданих зображень Im_1 і Im_2 , використавши алгоритм проходження контуром “Backwand contour tracing” [17], отримуємо контури, тобто множини точок C_1 і C_2 , які без розривів товщиною в один піксель представляють зовнішні границі зображень.

2) В отриманих зв'язних контурах C_1 і C_2 ($C_1 \rightarrow r_1(\theta)$, $C_2 \rightarrow r_2(\theta)$) виділимо характерні точки на основі таких критеріїв: а) зміни знаку кутових коефіцієнтів сусідніх елементарних відрізків; б) максимального значення коефіцієнту середньої кривизни на проміжку випуклості або вгнутості; в) границі зміни кута між елементарними відрізками, тобто отримаємо незв'язні контури C'_1 , C'_2 , для яких не виконуються умови (1) і (2).

3) Для знайдених двох масивів контурів C'_1 , C'_2 , де $C'_1 = \{C'_{10}, C'_{11}, \dots, C'_{1n}\}$, $C'_2 = \{C'_{20}, C'_{21}, \dots, C'_{2m}\}$, проводимо апроксимацію з використанням сплайнового наближення

кривими $r_\alpha = r(\theta, \alpha)$, $\theta \in [0, T]$, де $T = 2\pi$ – період обходу функції. Параметр θ задає положення точки $r(\theta, \alpha)$ на кривій, а вектор параметрів $\alpha \in A$ визначає конкретну криву у класі поліноміальних функцій.

Наближення відшукується у вигляді $P(\theta) = \sum_{i=0}^n a_i \theta^i$, $i \leq 3$, тобто обмежуємося поліномами не більше третього степеня. Для всіх точок $\theta \in [0, T]$ повинна виконуватися умова $|r(\theta) - P(\theta)| \leq \varepsilon$.

Для кожного контура r'_1 , r'_2 необхідно знайти кількість сегментів при заданій похибці апроксимації

$$r'_1 = \bigcup_{j=1}^l \left\{ \left(\theta, \sum_{i=1}^n a_{ij} \theta_j^i \mid \theta_j \in [0, 2\pi] \right) \right\}, \text{ де } a_{ij}, \theta_j \in R, n \leq 3.$$

$$r'_2 = \bigcup_{j=1}^m \left\{ \left(\theta, \sum_{i=1}^n a_{ij} \theta_j^i \mid \theta_j \in [0, 2\pi] \right) \right\}, \text{ де } a_{ij}, \theta_j \in R, n \leq 3.$$

Для кожного контура r'_1 , r'_2 похибка апроксимації рівна: $|r'_1(\theta) - P(\theta)| \leq \varepsilon_1$ та $|r'_2(\theta) - P(\theta)| \leq \varepsilon_2$ і відповідно отримується різна кількість сегментів l і m .

Для проведення перетворення контурів необхідно щоб $l = m$. Кількість сегментів на контурі зростає, в якого похибка апроксимації більша.

4) У випадку, коли $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 \geq \varepsilon_T$ необхідно зменшити похибки апроксимації контурів.

Якщо $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ збільшуємо кількість апроксимуючих кривих контура C'_1 і коли $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$ аналогічні дії проводимо для C'_2 .

5) Здійснюємо перетворення сегментів контуру C'_1 у відповідні сегменти контуру C'_2 на основі формули (4).

6) an Error of transformation find, using the expression (3).

Experimental studies

To test the proposed algorithms software was developed in Borland Delphi 7.0. As the test sample was selected more than 100 images of cytological micro-objects with different shapes. To conduct the process of transformations of the two micro-objects, you must perform certain operations of pre-processing. At the first stage have input image segmentation algorithm based on previous layouts. At the second stage, using the algorithm of passing loop “Backwand contour tracing” [17], we obtain the contours of the selected micro-objects. An example of the input image after pre-processing and dedicated micro-objects is shown in figure 4.



Fig. 4. Selected micro-objects

To conduct approximation is an array of characteristic points on the basis of which a path function approximation curves of the first, second and third orders taking into account the maximum permissible error of approximation. If the error is a separate approximating exceeds the allowable cut, this part of the path is split into two equal parts and re-attempt the approximation. If the accuracy of approximation of the segments less expert specified value, then equate the number of approximating segments for two micro-objects. At the last stage, on the basis of the obtained approximating segments, find the coefficients of conversion of type «contour – contour”.

Figure 5 reflected example of approximation of functions of two loops of micro-objects, as well as an example of comparison of the results of the conversion.

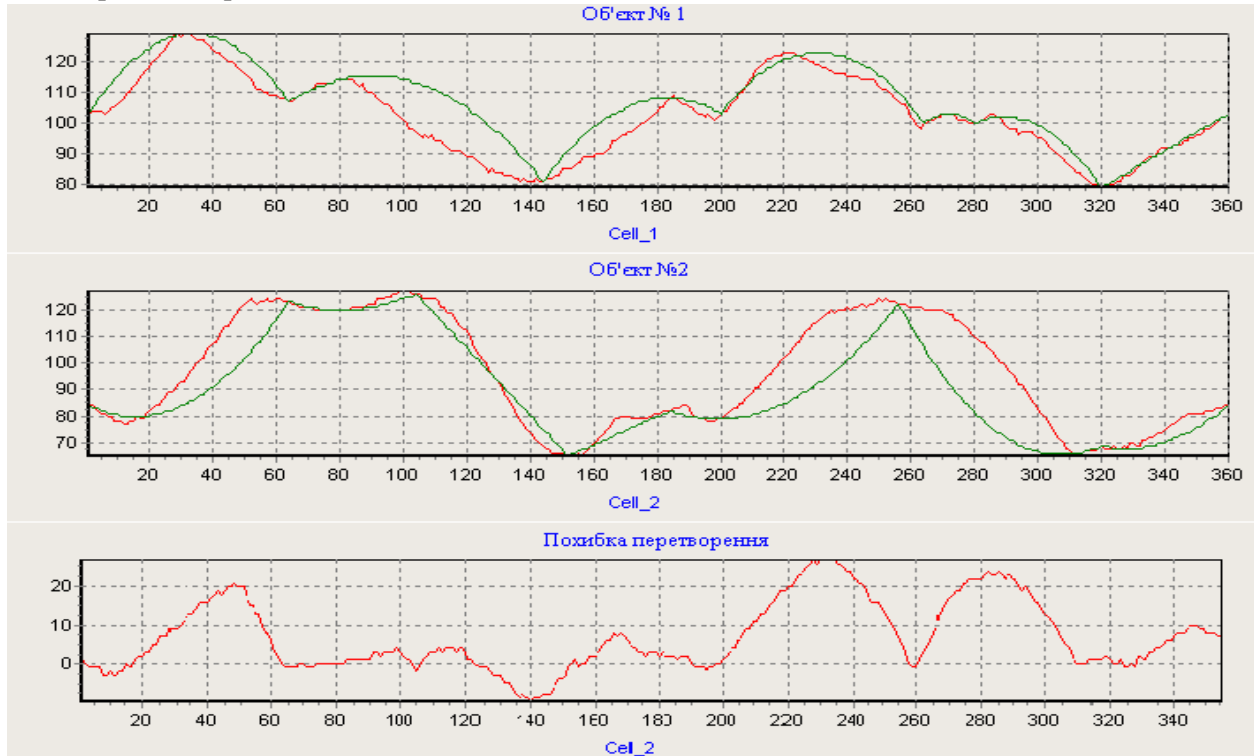


Fig. 5. Approximation of paths and error type conversion path - path

Figure 5 shows that the maximum error of conversion will be when the error of approximating respective segments are the highest.

The table shows the results of experimental studies of the sample images, conversion errors which were the largest.

Table

Error type conversion “contour – contour”

Experiment	Max. error 1st curve (pixel)	Max. error 2st curve (pixel)	Max. conversion error, (pixel)
1	11	30	27
2	9	10	9
3	3	9	8
4	14	20	18
5	19	15	15
6	13	15	15
7	21	30	27
8	12	10	11
9	8	9	8

Conclusions

For the developed method type conversion path - path estimation of the error of conversion circuits.

Conversion error type «path - path is the sum of the error of approximation of the second circuit and the accuracy of approximation of the first circuit multiplier and conversion function contours. Developed the algorithm for estimating the error of conversion circuits and performed computer experiment for the example of cytological images, which showed that the error type conversion path - path proportional to the errors of approximation of functions contours of images.

1. Физика визуализации изображений в медицине: в 2 т. Т.1: пер. с англ.; под ред. С.Уэбба. – М.: Мир, 1991. – 408 с. 2. Афанасьев Ю. И. Гистология, цитология и эмбриология / Ю. И. Афанасьев, Н. А. Юрина, Е. Ф. Котовский и др. – М.: Медицина, 2003. – 737 с. 3. Pratt W. Digital image processing: PIKS Scientific inside, 4th ed / William K. Pratt. – USA: John Wiley & Sons, 2007. – 782 p. 4. Абламейко С. В. Медицинские информационные технологии и системы / В. В. Анищенко, В. А. Лапицкий, А. В. Тузиков; ОИПИ НАН Беларуси – Минск, 2007. – 176 с. 5. Абламейко С. В. Обработка оптических изображений клеточных структур в медицине / Абламейко С. В., Недзьведь А. М.; НАН Беларуси, Объед. ин-т проблем информатики. – Минск, 2005. – 156 с. 6. Ахметшин А. М. Повышение чувствительности ультразвуковой диагностики на основе псевдоэллипсометрических параметров аналитических импульсных характеристик / Ахметшин А. М., Степаненко А. А. // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2005. – № 1 (15) – С. 90–95. 7. Кожем'яко В. П. Оптико-электронні методи і засоби для обробки та аналізу біо-медичних зображень / В. П. Кожем'яко, С. В. Павлов, К. І. Станчук. – 2006. – 203 с. 8. Недзьведь А. М. Современные возможности обработки изображений при морфологическом исследовании карцином щитовидной железы / А. М. Недзьведь, М. В. Фридман, В. Е. Папок // Медицинские новости: научно-практический информационно-аналитический журнал для врачей и руководителей здравоохранения – 2006. – № 12. – С. 115–119. 9. Скобцов Ю. А. Моделирование и визуализация поведения потоков крови при патологических процессах / Ю. А. Скобцов, Ю. В. Родин, В. С. Оверко – Донецк: ИПММ НАНУ, Изд-во Заславский, 2008. – 212 с. 10. Тузиков А. В. Построение поверхностных и объемных моделей объектов медицинских изображений / Снежко Эдуард Витальевич, Тузиков Александр Васильевич // Таврический Вестник Информатики и Математики – 2006. – № 1. – С. 91–96. 11. Автандилов Г. Г. Медицинская морфометрия. Руководство. / Г. Г. Автандилов – М.: Медицина, 1990. – 384 с. 12. Автандилов Г. Г. Основы количественной паталогической анатомии / Г. Г. Автандилов – М.: Медицина, 2002. – 238 с. 13. Егорова О. В. Компьютерная микроскопия / О. В. Егорова, Е. И. Клыкова, В. Г. Пантелеев – М.: Техносфера, 2005. – 300 с. 14. Березский О. Н. Топологические методы и алгоритмы преобразования контуров и областей плоских изображений / О. Н. Березский // Проблемы управления и информатики. – 2010. – № 5. – С. 123–131. 15. Березький О. М. Методи та алгоритми перетворення контурів зображень в афінному просторі // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – 2009. – № 638. – С. 185–189. 16. Косневски Ч. Начальный курс алгебраической топологии / Ч. Косневски. – М.: Мир, 1983. – 304 с. 17. Березький О. М. Алгоритм проходження контуром об'єкта з використанням зворотного ходу / О. М. Березький, Ю. М. Батько // Штучний інтелект. – 2009. – № 3. – С. 116–122.