ISNN:2181-1296

SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ШАРОФА РАШИДОВА

SAMARKAND STATE UNIVERSITY NAMED AFTER SHAROF RASHIDOV

ILMIY AXBOROTNOMA

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК
SCIENTIFIC JOURNAL

ANIQ VA TABIIY FANLAR SERIYASI

Matematika, Mexanika, Informatika
Fizika, Kimyo, Biologiya, Geografiya

№ 1/2 (137)
2023

ISSN 2181-1296

ILMIY AXBOROTNOMA

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК **SCIENTIFIC JOURNAL**

2023-yil, 1-son (137/2) **ANIQ VA TABIY FANLAR SERIYASI**

Matematika, Mexanika, Informatika, Fizika, Kimyo, Biologiya, Geografiya

Samarqand viloyat matbuot boshqarmasida ro‘yxatdan o‘tish tartibi 09-25.
Jurnal 1999-yildan chop qilina boshlagan va OAK ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR **R. I. XALMURADOV, t.f.d., professor**
BOSH MUHARRIR O‘RINBOSARLARI: **H.A. XUSHVAQTOV, f-m.f.d., dotsent**
A. M. NASIMOV, t.f.d., professor

TAHRIRIYAT KENGASHI:

ANIQ FANLAR

SH.A.ALIMOV	- O‘zFA akademigi
S.N.LAKAYEV	- O‘zFA akademigi (SamDU)
M.M.MIRSAIDOV	- O‘zFA akademigi
A.S.SOLEEV	- f.-m.f.d., professor (SamDU)
I.A.IKROMOV	- f.-m.f.d., professor (SamDU)
B.X.XO‘JAYAROV	- f.-m.f.d., professor (SamDU)
A.G.YAGOLA	- f.-m.f .d., professor (Moskva davlat universiteti, Rossiya)
I.I.JUMANOV	- f.-m.f .d., professor (SamDU)
X.X.XUDOYNAZAROV	- t.f.d., professor (SamDU)
ALBERTO DEL BIMBO	- Florensiya universiteti professori, Italiya
L.SABIROV	- f.-m.f .d., professor (SamDU)
A.JUMABOYEV	- f.-m.f .d., professor (SamDU)
N.N.NIZAMOV	- f.-m.f.d., professor (SamDU)
O.Q.QUVONDIQOV	- f.-m.f.d., professor (SamDU)
I.A.RAXMATULLAYEV	- f.-m.f .d., professor
A.SH.YARMUXAMEDOV	- f.-m.f .n. (SamDU)
X.S.XAYDAROV	- f.-m.f .n., dotsent (SamDU)

TABIY FANLAR

M.X.ASHUROV	- O‘zFA akademigi
N.B. FERAPONTOV	- k.f .d., professor (Moskva davlat universiteti, Rossiya)
SH. M. TUGIZOV	- professor, Koliforniya universiteti, AQSh
H. I. AKBAROV	- k.f.d., professor (O'zMU)
E. A. ABDURAXMONOV	- k.f.d., professor (SamDU)
N. K. MUXAMADIYEV	- k.f.d., professor (SamDU)
L. A. BULAVIN	- Kiev milliy universiteti professori, Ukraina
X. Q. XAYDAROV	- b.f.d., professor (SamDU)
Z. I. IZZATULLAYEV	- b.f.d., professor (SamDU)
Sh. T. XOLIQULOV	- g.f.d., professor (SamDU)
S. B. ABBASOV	- g.f.d., professor (SamDU)
Q. S. YARASHEV	- g.f.d., professor (SamDU)
GUN-SIK PARK	- Seul univeriteti professori, Koreya
D.B.XURSANOV	- g.f.f.d., dotsent (SamDU)
M. S. QUZIYEV	- b.f.f.d., dotsent (SamDU)

Obuna indeksi – yakka tartibdagi obunachilar uchun **- 5583,**
tashkilot, korxonalar uchun **- 5584**

MUNDARIJA

Б.Х.Хужаёров, А.И.Усмонов, Ф.Б.Холлиев *Анализ переноса вещества в пористой среде на основе диффузионного уравнения с много-членными дробными производными по времени*.....	2-8
Жуманов И.И., Сафаров Р.А. *Идентификации микрообъектов на основе использования текстурных и геометрических особенностей изображений*.....	9-18
Tashmatova R.V., Ruziyev I.X., Bebitova K.E. *Kimyo darslarida didaktik o'yinlardan foydalanish haqida mulohazalar*.....	19-23
Жуманов И.И., Холмонов С.М. *Оптимизация прогнозирования нестационарных объектов в условиях большой параметрической неопределенности*	24-33
Safarov T.N. *Uch o'lchovli affin fazosidagi geometriyalar*.....	34-39
Хасанов Т.Г. *Интегрирование нагруженного уравнения кортевега-де фриза с источником в случае движущихся собственных значений в классе быстроубывающих функций*.....	40-50
Nazarov F.M., Eshtemirov B.Sh., Saydullayev Q.Sh. *Microscopic and macroscopic flow models of traffic management*.....	51-58
Tursunov F., Dong Qiu *Zol-gel usulida SiO_2 mikrosferik zarrachalarning sintezi*.....	59-62
Турсунов Ф.Р., Рузикулов Ф.Ф. *Регуляризация задачи коши для линейных эллиптических систем первого порядка с постоянными коэффициентами в ограниченной области*	63-69
Trobov X.T., Atavullayeva Sh.Sh., Karimov X.R., Tursunova G.X., Djurayeva R.A. *Polimer gellarda reagentsiz usulda elektrolitlar aralashmalarini ajratish*.....	70-75
Турдиев Х.Х., Болтаев А.А. *Прямая задача для системы интегро-дифференциальных уравнений в вязкоупругой анизотропной среде*.....	76-84
Begimkulova Sh.A., Mirzayev Sh.E., Hasanov R., Rajabova M., Ivanes A., Nasimov A.M. *Study of adsorption properties OF Mg^{2+} modified Li - Mn spinel*	85-89
Qurbonov Sh.B., Abdiyeva Z.A. *Viloyat ma'muriy markazlarini iqtisodiy geografik o'rganishning ba'zi bir masalalari*.....	90-96
Arziqulov E.U., Urolov Sh.Z., Z. Shaymardanov Sh., Jalolov R.R., Rustamova B.N. *Rux oksidi nanokristallari strukturasi va optik xossalariga yuqori haroratli qizdirishning ta'siri*.....	97-102
Rustamova N., Amriddinova D. *Isolation, identification and optimization of exopolysaccharide-based bioflocculant synthesis by soil bacteria bacillus atrophaeus NR-12*.....	103-109
Ishankulov T., Mannonov M., Mukarramxujayeva N. *Bir jinsli bo'lmagan polianalitik tenglama yechimini birlik doira chegarasining qismidan davom ettirish*.....	110-115
Олимов Х.К., Канокова Ш.З., Шодмонов М.З., Кахорова А.Н. *Анализ распределений поперечных импульсов заряжённых частиц в Pb+Pb Столкновениях при $(s_{nn})^{1/2}=2.76$ ТэВ*.....	116-120
Xudoyberdiyeva I.A. *Navoiy viloyatida chorvachilik tarmoqlarini hududiy tashkil etishning iqtisodiy-geografik jihatlari*	121-125
Qurbonov H., Bozorova O'. *Qayta tiklanish jarayonining kutish joylari soni cheklangan xizmat ko'rsatish sistemalari statsionar navbat uzunliklari taqsimotini o'rganishga tadbiqi*.....	126-131

UDK: 681.14 **DOI: https://doi.org/10.59251/2181-1296.2023.v1.1.1870**

ИДЕНТИФИКАЦИИ МИКРООБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕКСТУРНЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ

И.И.Жуманов, Р.А.Сафаров
Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова

Аннотация. Исследованы и разработаны научно-методические основы оптимизации идентификации микрообъектов, в частности, пыльцевых зерен на основе применения механизмов извлечения текстурных, геометрических, специфических характеристик и особенностей изображений. Разработана методика для оценки эффективности идентификации контура изображения по характеристикам приростов его кривой на основе широкого спектра функциональных зависимостей. Разработаны механизмы и вычислительные алгоритмы идентификации изображений на основе биквадратической, экспоненциальной, авторегрессионной, скользящей средней, адаптивно-сглаживающей, статистических моделей идентификации, а также связывания опорных точек на контуре. Предложены методы маскирования опорных точек, пиксельного представления, сегментирования, регулирования ширины границ сегментов, обнаружения изменений. Разработан обобщенный алгоритм идентификации на основе интерполяционной сплайн - функции Добеши и ортогональных полиномов 4, 8 порядков с механизмами извлечения текстурных, геометрических, специфических характеристик и особенностей изображений пыльцевых зерен. Реализован комплекс программ идентификации, распознавания, классификации, систематизации микрообъектов на языке C++, функциональные модули которого протестированы в среде параллельных вычислений «CUDA».

Ключевые слова: микрообъекты, пыльцевые зерна, изображение, текстурный, геометрический, специфический характеристики, идентификация, точность, оптимизация, комплекс программ.

Tasvir teksturasi va geometrik xususiyatlari asosida mikroob’ektlarni identifikatsiya qilish

Annotatsiya. Tasvir teksturasi, geometrik, xususiy tasniflari va xususiyatlarini ajratuvchi mexanizmlarni qo‘llash asosida mikroob’ekt, xususan, chang zarralarini optimal identifikatsiya qilish ilmiy-uslubiy asoslari tadqiq qilingan hamda yaratilgan. Keng spektrdagi funksional bog‘lanishlar asosida tasvir konturining egri chiziqli orttirmalari tasniflaridan foydalanish bo‘yicha identifikatsiyalash samaradorlik bahosini olish uslubiyati ishlab chiqilgan. Bikvadratik, eksponensial, avtoregressiya, o‘rta sirpanish, adaptiv muayyanlashtirish, statistik ekstrapolyatsiya qilish modellar bo‘yicha mikroob’ekt tasvirini identifikatsiyalash hamda konturdagi tayanch nuqtalarni bog‘lovchi mexanizmlar va hisoblash algoritmlari ishlab chiqilgan. Tasvir konturi tayanch nuqtasini maskalashtirish, pikselli taqdim qilish, segmentlash, segment chegarasi kengligini muvofiqlashtirish, o‘zgarishlarni aniqlash uslublari taklif qilingan. Interpolyatsiya qiluvchi 4, 8 tartibli Dobeshi splayn-funksiyasi va ortogonal polinomlari, hamda chang zarrasi tasviri teksturasi, geometrik, xususiy tasniflari va xususiyatlarini ajratuvchi mexanizmlar asosida identifikatsiya qiluvchi umumlashgan algoritmi ishlab chiqilgan. Mikroob’ektni identifikatsiya, tanish, sinflashtirish, tizimlashtirish amallarini bajaruvchi dasturiy majmua C++ tilida joriylashtirilgan va funksional modullari «CUDA» parallel hisobash muhitida testlashtirilgan.

Kalitli so‘zlar: mikroob’ekt, chang zarrasi, tasvir, tekstura, geometrik, xususiy tasniflar, identifikatsiya, aniqlik, optimallashtirish, dasturiy majmua.

Identification of microobjects based on the use of textural and geometric features of images

Abstract. Scientific and methodological foundations for optimizing the identification of micro-objects, in particular, pollen grains, have been developed based on the use of mechanisms for extracting textural, geometric, specific characteristics and features of images. A technique has been developed for evaluating the efficiency of contour description by the characteristics of increments of a dynamic curve based on a wide range of functional dependencies. Mechanisms for identification of images of micro-objects with computational algorithms of biquadratic, exponential, autoregressive, moving average, adaptive-smoothing, statistical identification models, as well as linking control points on the contour have been developed. Methods for masking control points, pixel representation, segmenting, adjusting the width of segment borders, and detecting changes are proposed. A generalized identification algorithm has

been developed based on the Daubechies interpolation spline function and orthogonal polynomials of 4.8 orders with mechanisms for extracting textural, geometric, specific characteristics and features of pollen grain images. A complex of programs for identification, recognition, classification, systematization of micro-objects in the C++ language has been implemented, the functional modules of which have been tested in the CUDA parallel computing environment.

Key words: micro-objects, pollen grains, image, textural, geometric, specific characteristics, identification, accuracy, optimization, software package.

1. Введение. Многие задачи распознавания, классификации и систематизации параметров технологического производства, экологии и охраны окружающей среды, медицинской диагностики, связаны с идентификации изображений микрообъектов - пыльцевых зерен, отпечатков пальца, одноклеточных микроорганизмов в крови и других, которые обусловливают применения эффективных инструментов для их идентификации [1, 2].

Актуальным является разработка механизмов выделения, сегментирования контуров изображения, фиксирования опорных точек, связывания точек перепадов и переходов, извлечения скрытых свойств, закономерностей в данных, использования текстурных, геометрических особенностей и специфических характеристик [3, 4, 5].

Существующие подходы, в основном ориентированы на методы статистического анализа данных, сравнения точек входных и эталонных контуров, принятия решений по стратегии максимального правдоподобия [6, 7].

Эти методы идентификации контура изображения основаны лишь, только на применения механизмов выделения, начального разбиения кривой контура, формирования сегментов, классификации, уточнения оценки переменных моделей и не учитывают условий решения задач при априорной достаточности и параметрической неопределенности [8, 9].

Исследование, направленное на совершенствование и развитие методологии построения методов и алгоритмов распознавания и классификации изображений микрообъектов при условиях внутреннего и внешнего воздействий, присутствии шума (помех), смази, априорной ограниченности, параметрической неопределенности с целью оптимизации идентификации изображений является остро востребованным [10, 11, 12].

2. Основная часть.

2.1. Основные подходы, принципы и модели описания кривой контура изображения микрообъекта

Предложен подход, направленный на описании контура изображения микрообъекта $\{f_r\}, r = 0$ с некоторой функциональной зависимостью, которая представляет массивы неотрицательных чисел с соблюдением принципов таких, как [5-7]:

- последовательное нахождение точек множество $\{f_r\}$ в малых окрестностях локальных максимумов;

- вычисление первых производных функциональной зависимости и получении оценок ее параметров;

- определение ошибок аппроксимации $\{d_r\}$, $r = r + 1$ до выполнения условия $\{f_r\} = \{d_{r+1}\}$.

Описание контура изображения задается в виде зависимости

$$s\left(z\middle|\vec{A},\vec{m},\vec{\sigma}\right) = \sum_{k=1}^{K} A_k f(x; m_k, \sigma_k),,$$

где $f(x)$ - функциональная зависимость;

m - параметр сдвига по координате x, определяющий положение функции $f(x)$ в пределе границ $[a,b]$ одного сегмента ;

σ - параметр масштаба, характеризующий скорость убывания функции $f(x)$ в точке $x = m$;

K - количество компонент изображения;

A_k - весовой коэффициент k -й компоненты;

σ_k - параметры сдвига на масштабированной k -й функции.

Нахождение двух неизвестных представляет решения двухточечной задачи, в которой параметры оценивается по функциональной зависимости $\{\mathrm{K}, \vec{\mathrm{A}}, \vec{\mathrm{m}}, \vec{\sigma}\}$.

Представляет интерес получение механизма для фиксирования опорных точек, слияния их на кривой контура, слежения за динамикой, которые входят в структуру модели идентификации динамического ряда [13, 14, 15].

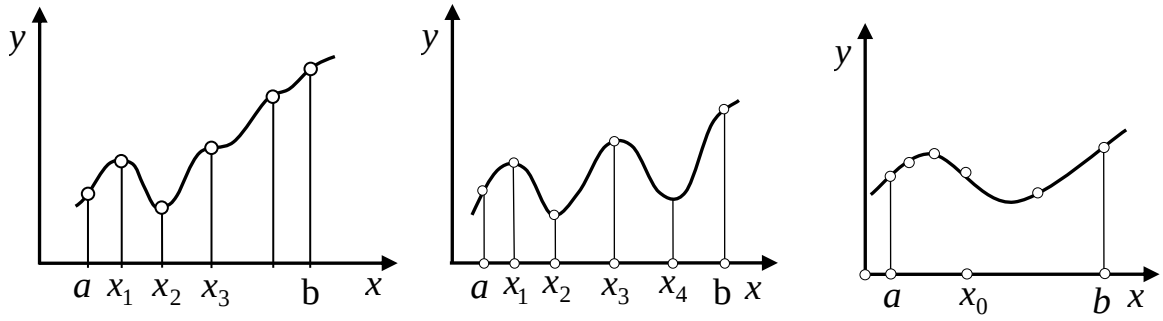
На рис.1. Показаны иллюстрации механизма идентификации кривой контура изображения:

а) проиллюстрировано определение максимум и минимумов;

б) фиксирования опорных точек;

в) установления выпуклости и вогнутости.

В них показаны кривые контура изображения: точки начала, конец экстремумов, границы одного сегмента.



а) б) в)

Рис.1. Кривые контура изображения: а) максимум и минимумов; б) перепады и переходы; в) выпуклость и вогнутость.

Пусть функция $y = f(x)$ задает описания кривой контура, которая имеет максимум, $x = x_1$.

Если $f(x_1 + \Delta x) < f(x_1)$ при любых значениях, Δx т.е. достаточно малых по абсолютной величине, то конец предыдущего пика является началом следующего и функция $f(x)$ имеет минимум при $x = x_2$.

Если $F(x_2 + \Delta x) > f(x_2)$ при любых значениях Δx, то функция характеризует группу слитых пиков при достаточно малых приращениях $\Delta x(\Delta x \neq 0)$ и имеет место $f(x_1 + \Delta x) < f(x_1)$, т.е. $f(x_1 + \Delta x) - f(x_1) < 0$.

Знак отношения $\dfrac{f(x_1 + \Delta x) - f(x_1)}{\Delta x}$ определяется знаком Δx, а именно, когда

$\dfrac{f(x_1 + \Delta x) - f(x_1)}{\Delta x} > 0$ при $\Delta x < 0$;

когда $\dfrac{f(x_1 + \Delta x) - f(x_1)}{\Delta x} < 0$, при $\Delta x > 0$.

Производная функции определяется в виде

$$f'(x_1) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x_1 + \Delta x) - f(x_1)}{\Delta x}.$$

Если $f'(x) > 0$, $x < x_1$ и $f'(x) < 0$, $x > x_1$, то в точке x_1 функция имеет максимума.

Если $f'(x) < 0$, $x < x_1$ и $f'(x) > 0$, $x > x_1$, то в точке x_1 функция имеет минимума.

Задача решается применением формулы Лагранжа

$$f(x) - f(x_1) = f'(\xi)(x - x_1),$$

где ξ - точка позволяет выработать следующие утверждения:

- если $x < x_1$, $\xi < x_1, f'(\xi) > 0, f'(\xi)(x - x_1) < 0$, то $f(x) - f(x_1) < 0$ или $f(x) < f(x_1)$;
- если $x > x_1$, $\xi > x_1, f'(\xi) > 0, f'(\xi)(x - x_1) < 0$, то $f(x) - f(x_1) < 0$, или $f(x) < f(x_1)$.

Когда любая точка лежит ниже касательной к кривой, каковы бы ни были значения $\mathbf{x}$ и x_0 на интервале (a, b), то кривой контура считается выпуклой.

Если во всех точках интервала (a, b) вторая производная функции $f(x)$ положительная и $f''(x) > 0$, то кривая контура $y = f(x)$ на этом интервале считается обращена выпуклостью вниз, т.е. вогнутой кривой.

Когда контур задается кривой Гаусса

$$y(x) = A\, exp\left[\frac{(x-m_0)^2}{2\sigma^2}\right],$$

тогда ее первая производная используется для определения экстремума пика

$$y'(x) = y(x)\left(-\frac{x-m_0}{2\sigma}\right),$$

которая представляется, как

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x},$$

где Δx - время между двумя точками контура;

Δy - разность между предыдущим и последующим точками.

Когда $\Delta y \geq \text{к}$, то принимается решение, как начало пика и когда $\Delta y \leq |\kappa|$, то этот момент считается концом пика.

Когда значение Δy переходит из положительного в отрицательное, то оно считается экстремумом пика.

Точки перегиба по второй производной функции определяется в виде

$$y''(x) = y(x)\left(-\frac{2\sigma+2x+m_0}{2\sigma}\right),$$

а ее геометрическое значение задается, как $\Delta x = \Delta y_n - \Delta y_{\text{n-1}}$.

2.2. Определение опорных точек на кривой контура изображения.

Вводится условие $j \subset i$, к которым должны соответствовать граничные точки с массивом информации по функции $\{f_i\}$ [16, 17, 18]:

$$j = \begin{cases} 1, \text{если} f_0 > f_1; \\ \text{i, если} f_{i-1} < f_{i+1}, i = 1,\ldots,\text{M} - 2; \\ M - 2, \text{если} f_{M-1} > f_{M-2}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\{j\}$ - мощность подмножества индексов.

Стратегия фиксирования опорных точек заключается в следующем.

Если значение $\sigma_v, v \in \{j\}$, оказывается меньше заданного порога (маски) ε_σ, которая отражает значение допустимой погрешности аппроксимации кривой, тогда ширина маски корректируется по правилу:

$$\varepsilon_\sigma = \begin{cases} \sigma_{v+1}, \text{если} v = 1; \\ \frac{\sigma_{v+1}+\sigma_{v-1}}{2}, \text{если} 1 < v < M - 2; \\ \sigma_{v-1}, \text{если} v = M - 2. \end{cases} \quad (3)$$

Значения коэффициентов A_j уточняются, как

$$A_j = A_k - \sum_{\text{k,k}\neq j} A_k \cdot f(m_j; m_k, \sigma_k), \quad (4)$$

В табл. 1 даны оценки результата описания контура по кривой Гаусса.

Таблица 1

Экспериментальные оценки описания контура изображения

$\vec{m}_1$	$\vec{m}_1^{(2)}$	$\vec{\sigma}_1$	$\vec{\sigma}_1^{(2)}$	$\vec{A}_1$	$\vec{A}_1^{(2)}$	E_2
5	5,032	5	5,656	2	2,01	
25	25,118	8	7,954	3	2,987	0,211
50	50,127	7	7,162	3	3,001	
$\vec{m}_2$	$\vec{m}_2^{(2)}$	$\vec{\sigma}_2$	$\vec{\sigma}_2^{(2)}$	$\vec{A}_2$	$\vec{A}_2^{(2)}$	E_2
5	8,741	6	12,513	1	2,185	
18	24,395	12	7,444	2	0,679	0,659
50	50,809	10	11,532	3	3,525	
$\vec{m}_3$	$\vec{m}_3^{(2)}$	$\vec{\sigma}_3$	$\vec{\sigma}_3^{(2)}$	$\vec{A}_3$	$\vec{A}_3^{(2)}$	E_2
10	3,878	12	6,404	3	0,36	
25	25,96	8	19,605	2	4,414	0,458
40	44,487	10	7,054	3	0,482	

Маскирование опорных точек контура отражается погрешностью

$$E_0 = \sum_i \left(f_i - s_i^{(0)}\right)^2, \qquad (6)$$

где $s_i^{(0)}$ - значение точки аппроксимированной кривой контура.

Разработаны и реализованы алгоритмы оптимизации описания кривой контура с помощью следующих механизмов [19, 20]:

- регулирования толщины маски опорных точек с равномерным шагом прослеживания;
- подбор наилучшей трендовой модели описания кривой контура по характеристикам приростов динамического ряда;
- подбор наилучшей трендовой модели описания кривой контура по минимальному среднеквадратическому отклонению E_0;
- механизма регулирования центра сегментов при $\Delta t = \text{const}$, границ сегментов, угла поворота маски с равно сторонним n - полигоном, радиус - вектора угла расстояния от центра сегмента до точек с высокой кривизной.

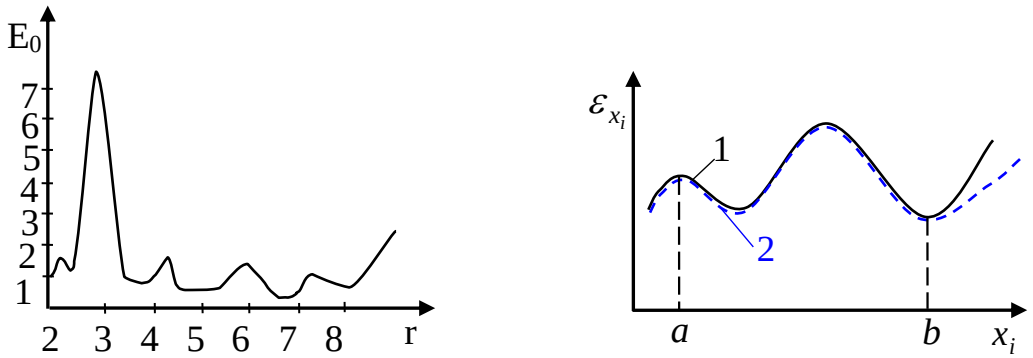
На рис 2. показан график эффективности (погрешности) описания кривой контура:

а) зависимость E_0 от числа опорных точек *r*;

б) погрешность при сравнении аппроксимированной и эталонной кривых контура,

график 1 - сплошная эталонная кривая; график 2 - штрихпунктирная кривая аппроксимированный контур.

Погрешности описания кривой контура регулируется с помощью механизма в зависимости от числа опорных точек r.



а) б)

Рис. 2. Эффективность описания кривой контура.

2.3. Связывание опорных точек кривой контура.

Пусть контур изображения представляется последовательностью дискретных отсчетов, которая отражается одномерным дискретным динамическим временным рядом F, меняющегося

в интервале $[1, N]$, N– длина последовательности ряда.

В момент времени $t = l$ вычисляются упрежденные значения функции F на интервале $[l + 1, l + \alpha]$, α – длина интервала упреждения.

Производятся отображения $F: X \to Y$, X, Y– множества состояний, предшествующих моменту упреждения.

Входной контур представляется в виде вектора значений функции F на интервале $l - T, l$, T – длина интервала измерений.

Выходной контур в момент времени представляется в виде l – вектора аппроксимированных значений дискретного временного ряда функции F на интервале $[l + 1, l + \alpha]$.

Формируется множество весовых коэффициентов опорных точек контура в виде $W = [w_0, w_1, \dots, w_K]^T$.

Ошибка идентификации определяется по разности входного Y и эталонного Y' контуров по ошибкам разности значений $\varepsilon_i(l) = Y_i'(l) - Y_i(l)$, l – текущий момент времени; i– точка на интервале упреждения [21, 22].

Разработаны и реализованы механизмы упреждения динамики опорных точек кривой контура на основе статистической экстраполяции по одной, двум и $n - l$ предыдущим точкам.

Аналогичные результаты получены по экспоненциальной, авторегрессионной, скользящей средней, адаптивной сглаживающей моделям.

Эффективность реализаций исследована по критерию минимальной среднеквадратической погрешности, результаты которых использованы при связывании опорных точек $Q_{11}, Q_{12}, Q_{21}, Q_{22}$ кривой контура, которые отражаются яркостью пикселей. Следовательно, совершенствование и разработка новых механизмов, которые позволяют сохранить без изменения контура изображения является востребованным исследованием.

2.4. Описание кривой контура с учетом воздействия внешней среды.

В традиционном подходе, несмотря на высокую степень сжатия точек контура, наиболее мощными средствами наблюдается снижение точности описания изображений, которые происходят воздействием внешней среды и проявляются в виде «облачности», «ореола» и сильного размытия контура и т.д. Пусть описания контура рассматриваются с механизмами выделения, сегментирования контура и представления опорных точек множеством пикселей, которые задаются в виде условий:

$$R_K \cap R_{\bar{K}} = \emptyset; \quad R_K \cup R_{\bar{K}} = R_И,$$

где R_K- множество контурных пикселей;

$R_{\bar{K}}$ – множество не контурных пикселей;

$R_И$ – множество всех пикселей изображения.

Для оптимизации описания контуров реализованы следующие механизмы:

- цепного кодирования и редукции избыточных (нулевых) точек контура;
- идентификации опорных точек контура на основе использования его морфологии и геометрических особенностей;
- утолщения контурных линий, интерполяции на основе дискретных вейвлет - преобразований (ДВП);
- регулирования значений параметров модели интерполяции.

Для обнаружения происходящих изменений в динамике контура предложен механизм, основанный на вычислении первой и второй производных так, чтобы обеспечивать высокую чувствительность механизма. Особенностью механизма описания кривой контура является, использующего яркости около контурных пикселей, т.е. пикселей, лежащих по обе стороны контурной линии.

Исследована эффективность детекторов Робертса, Превитта, Собеля, Канни и «Лапласиан Гауссиана» (ЛГ).

Определено, что среди них детектор Канни, наилучшим образом обеспечивает высокую чувствительность к шуму.

Механизм утолщения контура производится путем покрытия масок опорных точек пикселями. Первоначально считается, что достаточно представлять контура с маской толщиной в два пикселя, которые выполняются с помощью процедуры дилатации в виде креста. В операциях наложения маски, используются следующие процедуры: фиксирования границы самого контура; утолщения контурной линии толщиной в один пиксель; связывания точек; регулирования точек функции описания контура.

Возможность механизма редукции пустых точек увеличивается при низкочастотных областях контура с малым диапазоном изменения тона изображения.

Однако, когда рассматривается зашумленное изображение, которое имеет нелинейную структуру, тогда идентификация значительна усложняются и приходится учитывать следующих условий:

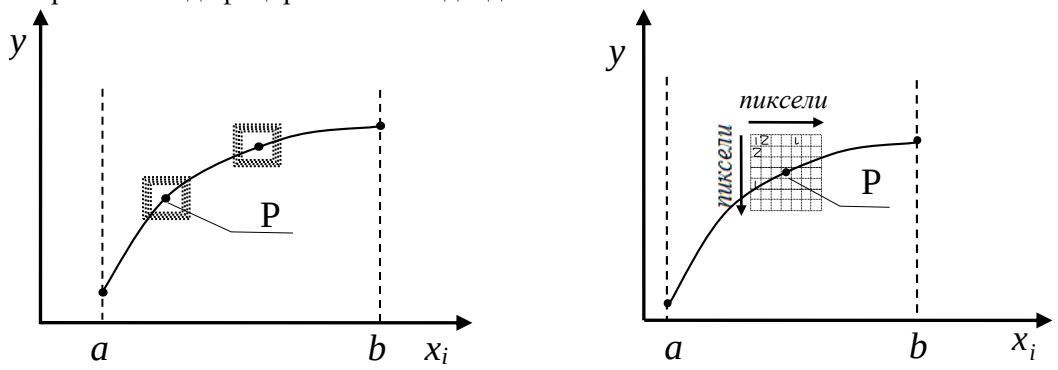
- допустимость к зашумленным данным;
- низкую точность обработки информации;
- априорной недостаточности и параметрической неопределенности;
- возможность использования важных свойств и особенностей изображений и механизма адаптации переменных моделей.

Не менее важную роль при идентификации контура имеет механизм предварительной обработки, который включает в себя следующие процедуры: очистки, устранения зашумленности, исправления несогласованности в данных, выделения, разделения контура на сегменты, выбора, построения модели [23, 24].

Разработана вычислительная схема для модифицированного описания кривой контура на основе наложения масок на опорные точки и билинейной интерполяции сначала в направлении одной оси, затем в направление другой.

На рис.3. графически показаны принципы билинейной интерполяции с маскированием опорных точек контура.

- рис.3.а традиционный подход;
- рис.3.б модифицированный подход.



а) б)

Рис. 3. Принципы маскирования опорных точек контура изображения.

Второй подход, направлен на использовании масок опорных точек для пиксельного представления.

В данном случае, механизм выполняется по принципу «четырех соседей», по которому считается ближайшим: верхний контурный пиксель (по оси *X*); правый контурный пиксель (по оси *Y*); нижний контурный пиксель (по оси *X*); левый контурный пиксель (по оси *Y*).

Близость пикселей от опорной точки 1 до точки *P* определяется по расстоянию

$h_{p1} = \sqrt{(y_p - y_1)^2 + (x_p - x_1)^2}$, если $y_p = y_1$, то $h_{p1} = \sqrt{(x_p - x_1)^2}$.

Если $x_p > x_1$, $h_{p1} = x_p - x_1$, то расстояние между точками 2 и *P*, 3 и *P*, 4 и *P* определяются, как $h_{p2} = \sqrt{(y_p - y_1)^2} = y_p - y_1$; $h_{p3} = \sqrt{(x_3 - x_p)^2} = x_3 - x_p$; $h_{p4} = \sqrt{(y_p - y_4)^2} = y_p - y_4$.

Чем меньше расстояние от интерполируемого пикселя *P* до рассматриваемой точки, тем они считаются близкими.

Ближайшим, среди направлений, рассматриваемых в виде север, юг, запад, восток является тот

пиксель, принадлежащий множеству точек рассматриваемого направления. На рис. 4 показана схема нахождения опорных пикселей на контуре изображения.

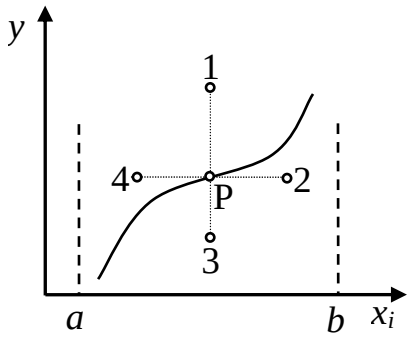


Рис.4. Регулирование опорной точки.

Тестирование механизма оптимизации проведено по пятью моделям на основе псевдо–случайных наборов. Модифицированный вариант билинейной интерполяции включает процедуры фиксирования опорных пикселей на контуре, редукции нулевых точек и регулирования яркости пикселей опорных точек.

Билинейная интерполяция яркости пикселя опорной точки задается, как

$$f(P) = f(1)w_1 + f(1)w_2 + f(1)w_3 + f(1)w_4,\ \sum_{i=1}^{4} w_i = 1,$$

где $f(1) = f(1, y_p)$ – опорная точка 1.

$f(2) = f(x_p, n)$ – зависимости для опорной точки 2;

$f(3) = f(m, y_p)$ – для опорной 3;

$f(4) = f(x, 1)$ –для опорной точки 4;

w_i – весовой коэффициент i -й опорной точки, который определяется как отношение расстояния опорной точки до точки P на расстояние между двумя опорными точками по выбранному направлению.

В табл.2 приведены результаты сравнительного анализа эффективности механизма интерполяционной сплайн-функции (ИСФ) Добеши и биортогонального полинома (БОП) с 1, 2, 3, 4 опорными точками.

Таблица 2

Эффективность механизма идентификации контура изображений

Модели идентификации	Опорные точки			
	1	2	3	4
Интерполяционная сплайн – функция Хаара	6,4%	8,0%	20,3%	15,6%
Интерполяционная сплайн – функция Добеши 4	13,7%	12,7%	19,0%	16,9%
Интерполяционная сплайн – функция Добеши 8	13,1%	10,2%	21,5%	18,5%
Биортогональная полиноминальная модель порядков 3, 5	15,5%	18,1%	23,1%	22,9%
Биортогональная полиноминальная модель порядка 4	20,0%	16,7%	27,1%	28,0%

В табл. 3 даны результаты идентификации контура с механизмами регулирования опорных точек, порядков моделей и редукции нулевых точек.

Таблица 3

Результаты регулирования числа опорных точек, порядков моделей контура

Порядок модели	Среднеквадратическая погрешность идентификации					
	1 опорных точек		2 опорных точек		3 опорных точек	
	ИСФ	БОП	ИСФ	БОП	ИСФ	БОП
4	1,1897	5,6991	1,1585	5,0658	1,1228	4,6517
6	1,6365	6,5467	1,5848	5,7191	1,5804	5,2107
8	2,3128	7,1394	2,1756	6,1840	2,0812	5,6013
10	2,5812	7,6174	2,4657	6,5617	2,3562	5,9338
14	3,7996	7,9767	3,5545	6,8815	3,3354	6,2327
18	4,9543	8,8300	4,5894	7,5270	4,2643	6,7717

Установлено, что более эффективной моделью при идентификации контура изображений является ИСФ Добеши и БОП моделей 4 –го порядков.

Увеличение степени модели с одной стороны повышает эффективность механизма редукции нулевых точек, однако, с другой стороны увеличивает среднеквадратическую ошибку интерполяции.

БОП модель 4 –го порядка оказывается лучшей, чем модель 8 -го порядка. Стремление к увеличению глубины преобразования моделей связаны с увеличением числа вычислительных операций.

БОП модели 5-3 порядков погрешности идентификации контура уменьшает до 3%, а 16-4 порядков до 1,8%.

Совмещенная модель идентификации контура на основе вейвлет – преобразования 4 го порядка с механизмами редукции нулевых и регулирования опорных существенно повышает точность обработки информации.

3. Заключение. Разработана методология обработки изображений микрообъектов на основе построения и реализации механизмов выделения, сегментации, утолщения, фиксирования и связывания опорных точек, маскирования, слежения за динамикой контура, применение которых дают инструментов для обеспечения точной идентификации и робастности изображений.

Предложены механизмы оптимизации идентификации контура с применением принципов и вычислительной схемы модифицированной билинейной интерполяция с двунаправленным взвешиванием опорных точек на основе детектора Канни, которые позволяют с высокой надежностью выделить контурную составляющую, применить механизма дилатации, наложения маски на опорные точки и регулирования ее толщины.

Оптимизация билинейной интерполяции контура изображения обеспечивается за счет механизмов регулирования степени моделей и редукции нулевых точек. Установлено, что интерполяционная сплайн – функция Добеши четвертого порядка считается более эффективной, чем биквадратическая интерполяционная модель. С увеличением степени модели повышается эффективность редукции нулевых точек, однако, вместе с ней увеличивается среднеквадратическая погрешность идентификации.

Биортогональная полиномиальная модель четвертого порядка лучше аппроксимирует кривой контура, чем модель интерполяции 8 -го порядка. Стремление при этом к увеличению глубины преобразования связано с вычислительными операциями большего размера. Биортогональные полиномиальные модели порядков 5-3 погрешности идентификации уменьшают до 3%, а порядков 16-4 до 1,8%. В тоже время по совмещенной модели с вейвлет – преобразованием четвертого порядка механизмов редукции нулевых, регулирования опорных точек точность идентификации контура изображений повышается почти на порядок.

Литературы

1. Кулешов С.В., Аксенов Ю.А., Зайцева А.А. Подход к идентификации источника снимков с цифровых камер // Инновационная наука. 2015. №5. С. 82-86.
2. Jumanov I. I., Djumanov O. I., Safarov R. A. “Optimization of image processing using characteristics and peculiarities of pollen grains” Chemical Technology, Control and Management Tashkent, 2019, №5 pp. 71-78.
3. Визильтер Ю.В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: Курс лекций и практических занятий / Ю.В. Визильтер и др. - М.: Физматкнига, 2010. - 672 с.
4. Jumanov I.I., Djumanov O.I., Safarov R.A. Methodology of Optimization of Identification of the Contour and Brightness-Color Picture of Images of Micro-Objects // International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2021, 2021, pp. 190–195. DOI: 10.1109/RusAutoCon52004.2021.9537567.
5. Jumanov I.I., Safarov R.A. Optimization of the processing of images of pollen grains based on the use of their specific characteristics and geometric features. AIP Conference Proceedings 2637, 040016 (2022). https://doi.org/10.1063/5.0118857.
6. Шашев Д.В. Обработка изображений в интеллектуальных медицинских робототехнических системах // Информационно-измерительная техника и технологии, - Томск, 2016. - С. 544 - 550.
7. Jumanov I.I., Djumanov O.I., Safarov R.A. Recognition of micro-objects with adaptive models of image processing in a parallel computing environment // XIV International Scientific and Technical Conference "Applied Mechanics and Systems Dynamics" (AMSD) // Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1791. Nov. 2020, Omsk, Russia. doi:10.1088/1742-6596/1791/1/012099.

8. Попова Г.М., Степанов В.Н. Анализ и обработка изображений медико-биологических микрообъектов // Автоматика и телемеханика. 2004. №1. Стр. 131-142.
9. Jumanov I.I., Djumanov O.I., Safarov R.A. Mechanisms for optimizing the error control of micro-object images based on hybrid neural network models // AIP Conference Proceedings, 2021, 2402, 030018. https://doi.org/10.1063/5.0074019.
10. Безуглов Д.А., Рытиков С.Ю., Юхнов В.И., Швидченко С.А. Выделение контуров изображений с использованием метода вейвлет-дифференцирования //Современные проблемы радиоэлектроники: IV международная научная конференция, г. Ростов на Дону, 2012г., Стр. 203-212.
11. Ibragimovich J.I., Isroilovich D.O., Abdullayevich S.R. Optimization of identification of micro-objects based on the use of characteristics of images and properties of models // 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2020, 2020, 9351483. DOI: 10.1109/ICISCT50599.2020.9351483.
12. Дюдин М.В., Поваляев А.Д., Подвальный Е.С., Томакова Р.А. Методы и алгоритмы контурного анализа для задач классификации сложно структурируемых изображений// Вестник Воронежского государственного технического университета. 2014. Т.10, –№ 3-1, –Стр. 54-59.
13. Ibragimovich J.I., Isroilovich D.O., Abdullayevich S.R. recognition and classification of pollen grains based on the use of statistical, dynamic image characteristics, and unique properties of neural networks // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021, 1323 AISC, pp. 170–179. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68004-6_22.
14. Блохинов Ю.Б., Горбачев В.А. Привязка наземных объектов на аэрофотоснимках на основе анализа контуров // Известия РАН. Теория и системы управления. -2011. - №5 - Стр.83-94.
15. Jumanov I.I., Safarov R.A., Xurramov L.Ya. Optimization of micro-object identification based on detection and correction of distorted image points // AIP Conference Proceedings, 2021, 2402, 070041. https://doi.org/10.1063/5.0074018.
16. Корчевская Е.А., Мироненко В. М. Интеллектуальная система распознавания изображений микроскопических биологических нано- и микрообъектов на основе статистических методов и нейросетевого моделирования// Информационные системы и технологии: Материалы международного конгресса по информатике, Минск, 2013 г., Стр. 465-467.
17. Jumanov I. I. “Optimization of data processing of non-stationary objects based on fuzzy identification models with setting parameters” Journal "Bulletin of TUIT", - Tashkent, 2017, №1, (41) pp. 34-47.
18. Djumanov O.I., Safarov R. A. “Algorithms for recognition and clusterization of features of useful minerals in the composition of mountain mass” Scientific discussion: issues of technical sciences, Internauka, 2016 pp. 23-27.
19. Liu D., Wang S., Huang D., Deng G., Zeng F., Chen H. Medical image classification using spatial adjacent histogram based on adaptive local binary patterns // Computers in Biology and Medicine. 2016. Vol.72. pp. 185-200.
20. Jumanov I.I., Safarov R.A., Djumanov O.I. Detection of Distorted Points on Images of Micro-Objects Based on The Properties and Peculiarities of the Wavelet - Transformation // International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2022, 2022, pp. 794–799. DOI: 10.1109/RusAutoCon54946.2022.9896243.
21. Banarse D., France I., Duller A.W.G. Analysis of a self-organising image recognition neural network. – L.: Advances in engineering software, 2000. 944 p.
22. Boucher A., Hidalgo P., Thonnat M., J. Belmonte and C. Galán. 3-D pollen image recognition based on palynological knowledge // In 2nd European Symposium on Aerobiology, Vienna (Austria). 2000. p. 3.
23. Ulugbek Kh. Narzullayev, Olim I. Djumanov, Akmal R. Akhatov. Information technologies for processing of microobjects images on the basis of neural networks with associative memory // In proceedings of the 5th international conference on Asian Language Processing and Information Technology, 27-29 Sep., 2006. - TUIT, Uzbekistan, Korea Information Processing Society, Korea, 2006. p. 114-118.
24. Xu Z., Bagci U., Mansoor A., Kramer-Marek G., Luna B., Kubler A., Dey B., Foster B., Papadakis G.Z., Camp J.V., Jonsson C.B., Bishai W.R., Jain S., Udu- pa J.K., Mollura D. J. Computer-aided pulmonary image analysis in small animal models // Medical Physics. 2015. Vol. 42, N7. pp. 3896-3910.