



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(НИУ «БелГУ»)

Метод сегментации перекрывающихся объектов на изображении

Д. С. Батищев, email: batishchev@bsu.edu.ru
А. А. Утянский, email: utyanskiy@bsu.edu.ru
В. М. Михелев, email: mikhelev@bsu.edu.ru

Актуальность исследования

Сегментация перекрывающихся объектов направлена на решение проблемы определения контуров нескольких объектов с частично перекрытыми областями. Перекрывающиеся или перекрытые объекты встречаются в различных задачах, таких как анализ морфологии молекулярных или клеточных объектов в биомедицинских и промышленных изображениях, где требуется количественный анализ отдельных объектов как по размеру, так и форме.

Теоретические основы

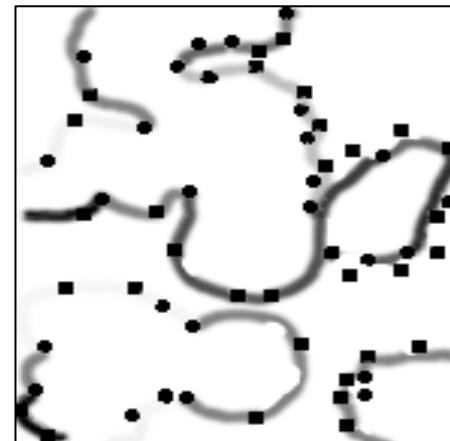
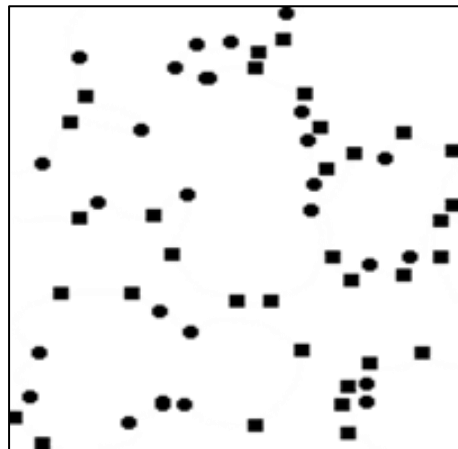
- Предлагаемый подход на первом этапе предусматривает предобработку изображений. Для этого, при создании силуэта изображения используется бинаризация изображения путем подавления фона на основе метода Оцу [5] и морфологическая обработка для сглаживания границ объекта [6]. Карта границ исследуемых объектов строится с использованием детектора краев Канни [7,8].
- Для сегментации частично перекрывающихся объектов предлагается предварительно решить задачу извлечения контурных данных, а затем выполнить оценку контуров. Для извлечения контурных данных необходимо выполнить два этапа: первый - сегментация контура, второй - группировка сегмента. На первом этапе контуры объекта делятся на отдельные сегменты контура. На втором этапе выполняется проверка доказательства [9] наличия контура путем объединения найденных ранее сегментов контура, которые принадлежат одному и тому же объекту.

Теоретические основы

- **Контурная сегментация.** Частичное перекрытие между двумя или более объектами эллиптической формы приводит к вогнутой форме с вогнутыми краевыми точками, которые соответствуют пересечениям границ объекта. Именно эти вогнутые точки используются для сегментирования контура перекрывающихся объектов.
- Предлагается, что после нахождения края изображения детектором краев Канни, вогнутые точки определяются путем обнаружения угловых точек с последующей проверкой их на вогнутость. Угловые точки обнаруживаются с использованием метода модифицированного пространства кривизны, основанного на анализе кривизны [10]. Выход детектора угла включает точки с максимальной кривизной, лежащие как в вогнутой, так и в выпуклой областях контуров объекта [11,12].

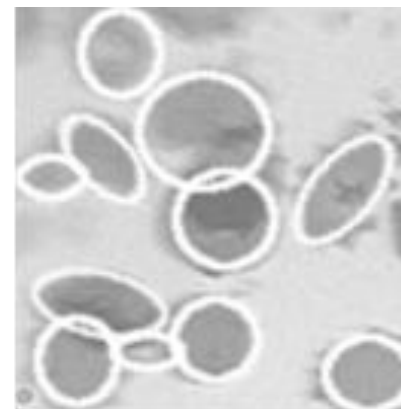
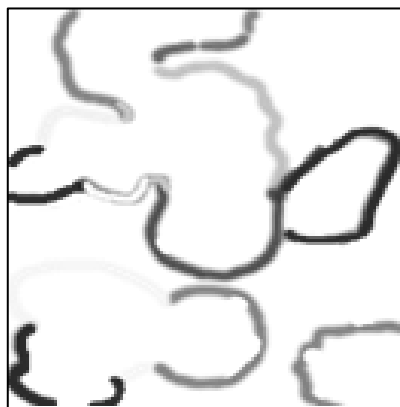
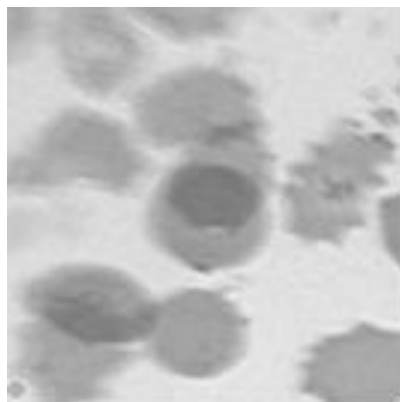
Теоретические основы

- **Группировка сегментов.** Из-за существующих перекрытий между объектами один объект может создавать несколько сегментов контура. Группировка сегментов необходима для объединения всех контурных сегментов, принадлежащих одному объекту. Основная идея предлагаемого метода группировки сегментов состоит в том, чтобы найти группу сегментов контура, которые вместе образуют объект эллиптической формы. Группировка сегментов подразумевает перебор предварительно отобранных сегментов контура с целью возможности их объединения в единый замкнутый объект.

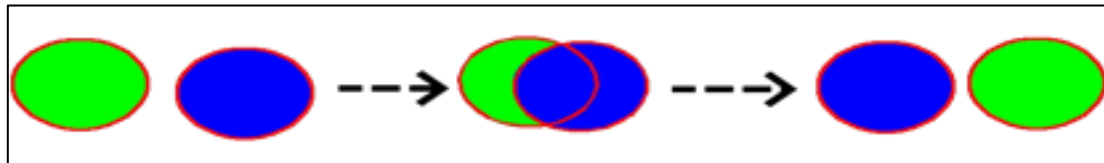
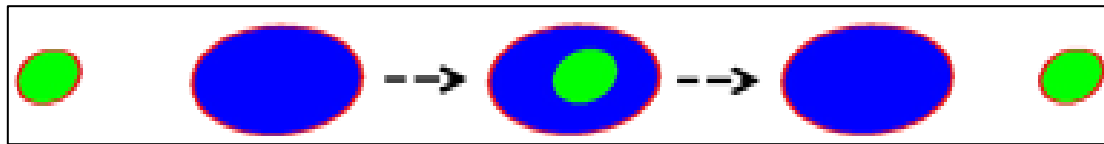
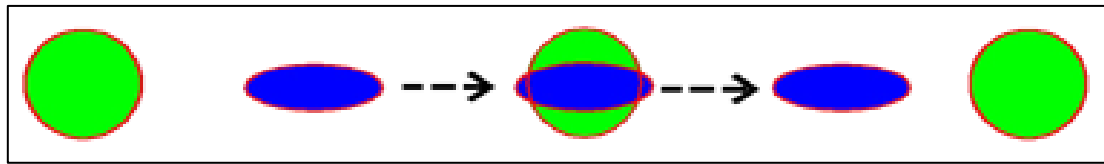
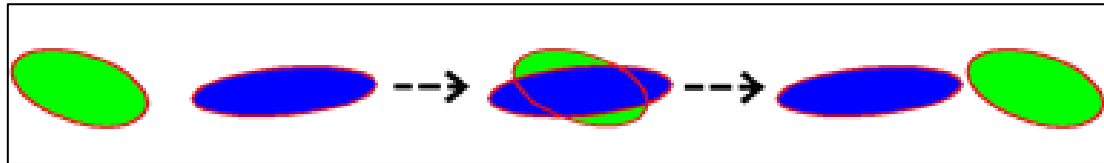


Теоретические основы

- **Оценка контура.** Последним этапом предлагаемого метода является оценка контура, когда на основе визуальной информации, полученной на предыдущем этапе, оцениваются недостающие части контуров объекта. Подгонка эллипса является очень распространенным подходом в сегментации перекрывающихся объектов [13]. Наиболее эффективные современные методы подбора эллипса, основанные на граничных точках формы, обычно решаются с помощью классической задачи наименьших квадратов. Поэтому оценка контура выполняется с помощью метода прямой подгонки по методу наименьших квадратов, где частично наблюдаемые объекты моделируются в форме объектов эллиптической формы. На рис. 2 показан пример оценки контура, примененной к доказательствам контура.



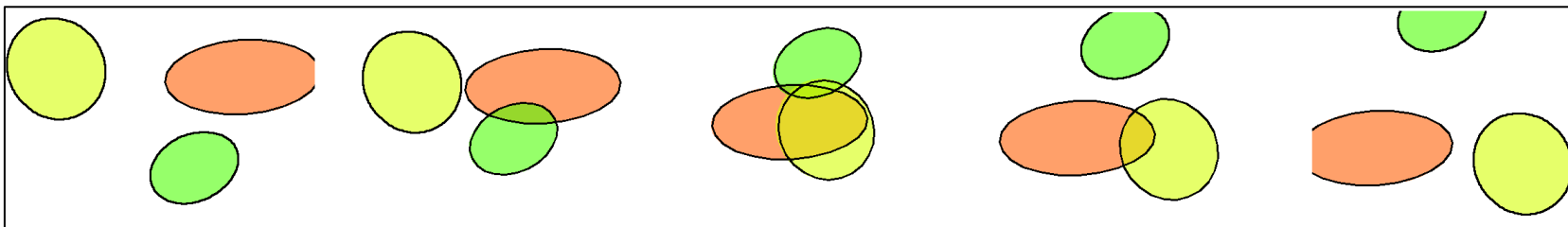
Апробация метода сегментации



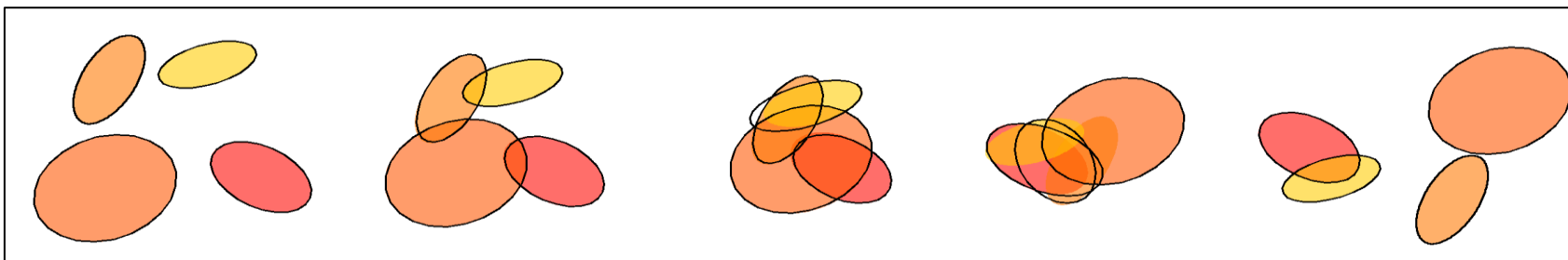
Апробация метода сегментации

№ п/п	Вариант перекрытия	% перекрытия	S1,з	S2,з	S1,р	S2,р	Кол-во найденных объектов	Ошибка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	а	0%	8788	8471	8829	8388	2	0,71%
2	а	6%	8788	8471	8591	8433	2	1,36%
3	а	18%	8788	8471	8591	8433	2	1,36%
4	а	32%	8788	8471	8651	8433	2	1,01%
5	а	36%	8788	8471	8651	8388	2	1,27%
6	а	30%	8788	8471	8739	8081	2	2,54%
7	а	17%	8788	8471	8739	8081	2	2,54%
8	а	6%	8788	8471	8739	8285	2	1,36%
9	б	0%	10986	5656	11033	5465	2	1,43%
10	б	7%	10986	5656	10830	5592	2	1,32%
11	б	21%	10986	5656	10830	5610	2	1,21%
12	б	33%	10986	5656	10830	5665	2	0,99%
13	б	21%	10986	5656	10830	5584	2	1,37%
14	б	7%	10986	5656	10871	5504	2	1,60%
15	в	0%	3141	17584	3144	17659	2	0,37%
16	в	7%	3141	17584	3044	17388	2	1,41%
17	в	16%	3141	17584		17659	1	
18	в	15%	3141	17584		17914	1	
19	в	1%	3141	17584	3044	17388	2	1,41%
20	г	0%	7834	7834	7867	7867	2	0,42%
21	г	6%	7834	7834	7643	7614	2	2,62%
22	г	26%	7834	7834	7617	7754	2	1,89%
23	г	49%	7834	7834		8367	1	
24	г	26%	7834	7834	7935	7610	2	2,07%
25	г	6%	7834	7834	7744	7589	2	2,13%

Апробация метода сегментации перекрывающихся друг друга объектов



	Номер варианта перекрытия	% перекрытия	Σ Сзад.	Σ Спас.	Количество заданных объектов	Количество найденных объектов	Ошибка δ
0	1	0	49060	48924,5	3	3	0,3597508
2	3	6,651039543	49060	48664,5	3	3	0,4937349
4	5	34,69221362	49060	42292	3	3	7,4087048
5	6	27,03832042	49060	54315	3	3	5,8592503
6	7	4,859355891	49060	48761	3	3	0,4385561
7	8	0	49060	48924,5	3	3	0,3597508



	Номер варианта перекрытия	% перекрытия	Σ Сзад.	Σ Спас.	Количество заданных объектов	Количество найденных объектов	Ошибка δ
1	2	0	71956	71383	4	4	0,497422
2	3	8,660848	71956	70956	4	4	0,743115
3	4	33,17166	71956	72150	4	4	2,124825
5	6	27,82673	71956	67392	4	3	10,99549
7	8	5,539496	71956	71351	4	4	0,519863

Заключение

- Представленный метод сегментации перекрывающихся объектов на изображениях позволяет более точно решать задачу распознавания контуров этих объектов. Приведенные в таблицах результаты тестирования показали эффективную работу разработанного метода сегментации объектов перекрывающихся друг друга. Апробация данного метода сегментации показала возможность решения задачи сегментации одновременную для нескольких объектов.
- Результаты выполненных вычислительных экспериментов продемонстрировали работоспособность и эффективность разработанных методов и алгоритмов компьютерного зрения для сегментации перекрывающихся друг друга объектов на изображениях.
-
- Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-07-00133 А.

Список литературы

1. Park, C., Huang, J.Z., Ji, J.X., Ding, Y.: Segmentation, inference and classification of partially overlapping nanoparticles. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 35 (2013) 669–681.
2. Zhang, W.H., Jiang, X., Liu, Y.M.: A method for recognizing overlapping elliptical bubbles in bubble image. *Pattern Recognition Letters* 33 (2012) 1543 – 1548.
3. Батищев Д.С., Михелев В.М., Утянский А.А. 2020. Метод сегментации перекрывающихся форменных элементов крови на микроскопических медицинских изображениях. *Экономика. Информатика.* 47 (4): 803–815. DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-4-803-815.
4. Fisker, R., Carstensen, J., Hansen, M., Bødker, F., Mørup, S.: Estimation of nanoparticle size distributions by image analysis. *Journal of Nanoparticle Research.* 2 (2000) 267–277
5. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms // *IEEE Trans. Sys., Man., Cyber.: journal.* – 1979. – Vol. 9. – P. 62–66.
6. Сойникова Е.С., Батищев Д.С., Михелев В.М. О распознавании форменных объектов крови на основе медицинских изображений // *Научный результат. Информационные технологии.* 2018. Т. 3. № 3. С. 54–65.
7. Canny, J., A computational approach to edge detection, *IEEE Transactions on pattern analysis and Machine Intelligence*, 8 (6): 679–698, 1986.
8. Сойникова Е.С., Рябых М.С., Батищев Д.С., Синюк В.Г., Михелев В.М. 2016. Высокопроизводительный метод обнаружения границ на медицинских изображениях. *Научный результат. Информационные технологии*, 1(3):
9. Zhang, W.H., Jiang, X., Liu, Y.M.: A method for recognizing overlapping elliptical bubbles in bubble image. *Pattern Recognition Letters* (2012) 33(12), 1543–1548.
10. He, X., Yung, N.: Curvature scale space corner detector with adaptive threshold and dynamic region of support. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition. ICPR 2004. (Volume 2.)* 791–794.
11. Z Zafari S., Eerola T., Sampo J., Kalviainen H., Haario H. Segmentation of partially overlapping nanoparticles using concave points. In: *Advances in Visual Computing, Springer, 2015, 187–197.*
12. Zafari S., Eerola T., Sampo J., Kalviainen H., Haario H. Comparison of concave point detection methods for overlapping convex objects segmentation. In: *20th Scandinavian Conference on Image Analysis. SCIA 2017, June 12–14, 2017, 245–256.*



Доклад окончен, спасибо за внимание