Автоматизація аналізу окремих параметрів крові

Руководитель: д.т.н., проф. Калниболотский Ю. М.

Доклад: К. Лебедев

Общие положения

- **Объект исследования**: возможности автоматизации проведения анализа периферической крови человека
- **Предмет исследования**: проблема автоматизации определения популяционного состава лейкоцитарной формулы крови
- **Цель исследования**: разработка методики автоматизации определения популяционного состава лейкоцитарной формулы, легко внедряемой условиях работы отечественных гематологических лабораторий.
- **Задачи исследования**: 1. Определение ключевых проблем автоматизации. 2. Исследование возможностей автоматизации решения обозначенных проблем с реализацией важнейших узлов автоматизации и экспериментальной проверкой.

Тема исследования: актуальность

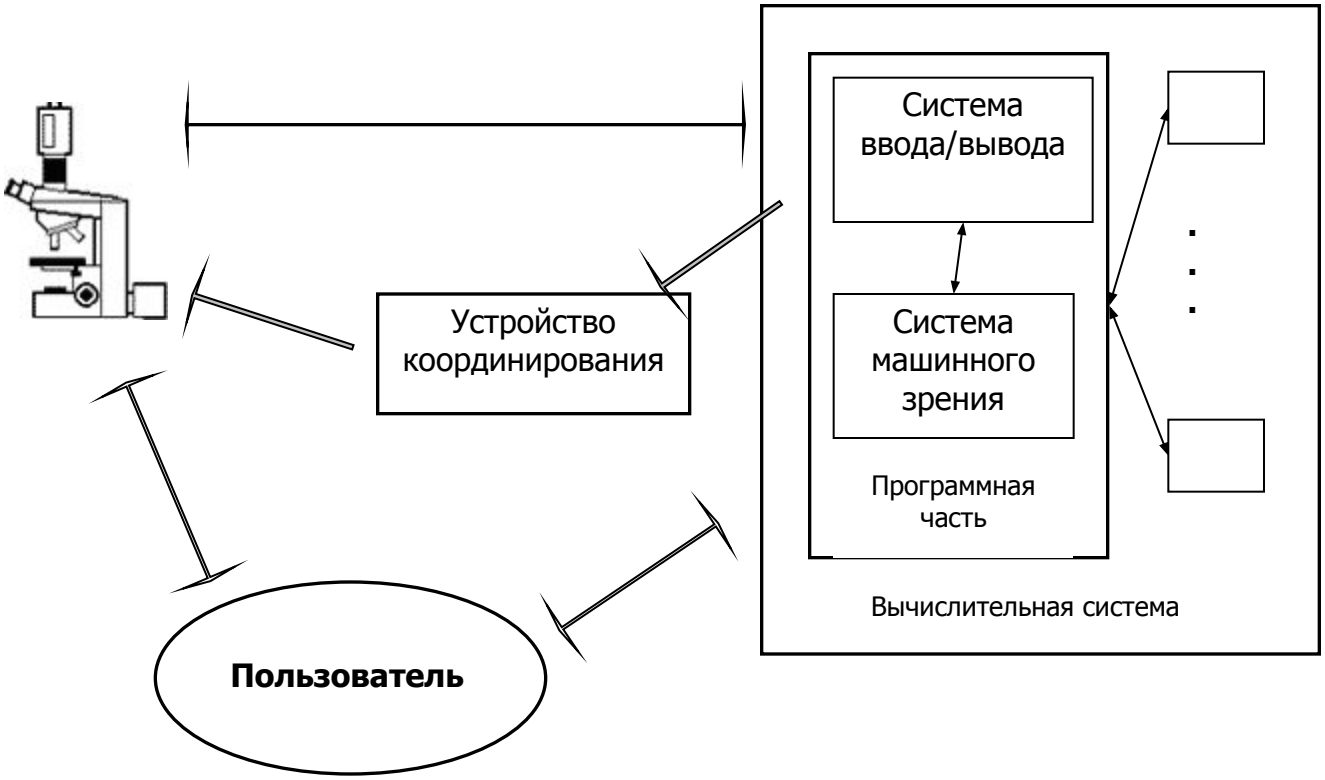
- Показатели периферической крови человека являются интегральными показателями общего состояния организма; данный тип анализа широко востребован клинической практике, спортивной медицине и др.

- Уровень автоматизации определения количественных параметров крови, как СОЭ, концентрация красных и белых кровяных телец и др. является приемлемым. В то же время уровень автоматизации задач проведения анализов на основе качественных характеристик клеток крови в условиях отечественных лабораторий является неудовлетворительным. Наиболее востребованный анализ данного типа – определение популяционного состава лейкоцитарной формулы крови.

- Выполнение анализа лейкоцитарной формулы ручным методом производится на основе микроскопического исследования препарата крови врачом-лаборантом и характеризуется экономической неэффективностью, слабоконтролируемостью, субъективностью, зависимостью точности результатов от ряда факторов, нагрузкой на зрительную систему специалиста.

- Потому, исследование проблемы автоматизации является актуальной задачей.

Обобщенная структура системы автоматизации. Система машинного зрения в комплексе автоматизации.



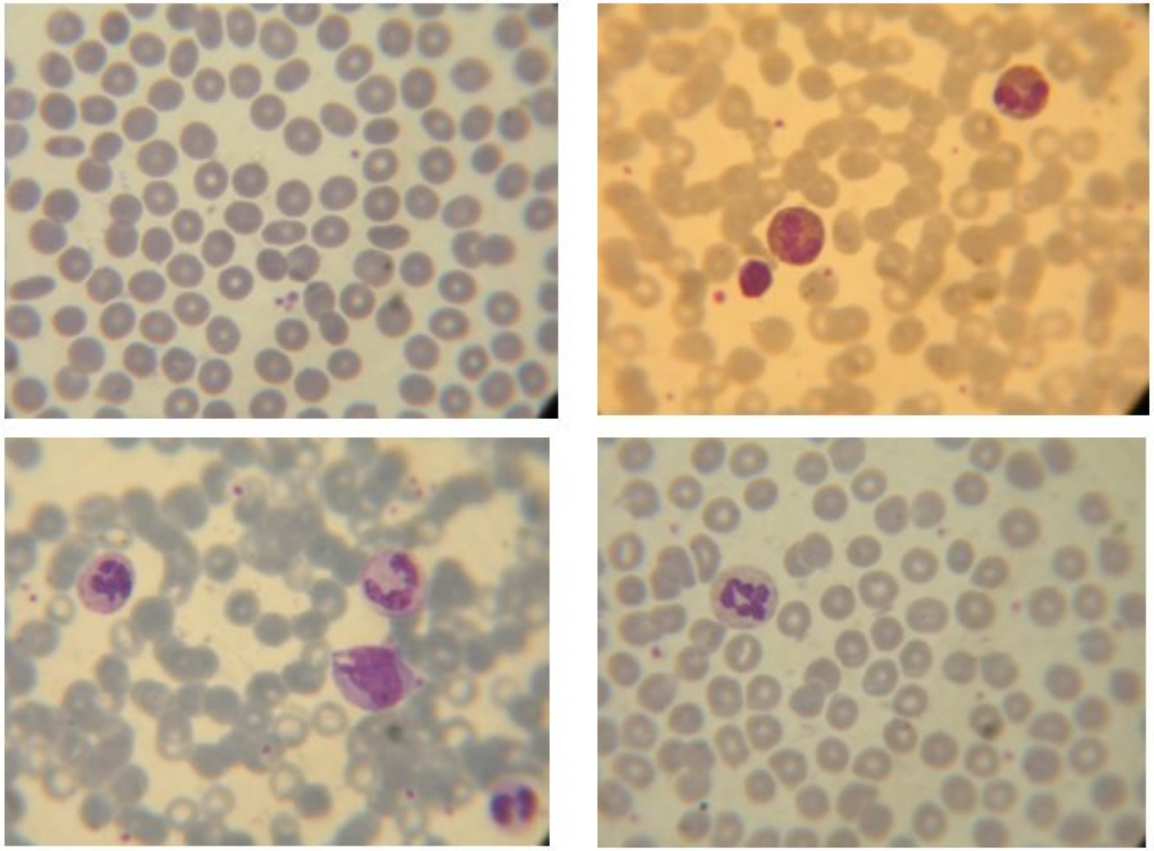
Существующие системы автоматизации анализа лейкоцитарной формулы крови

- CellaVision DM96 (http://cellavision.com)
- МЕКОС-АМК (http://www.mecos.ru)
- ВидеоТесТ-Гем (http://www.videotest.ru)

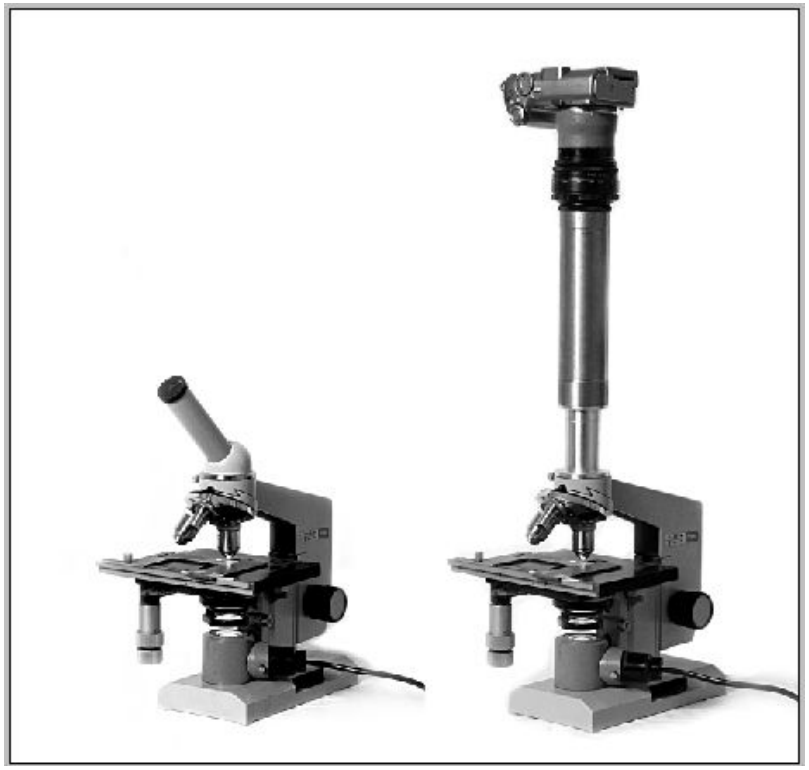
Общие недостатки:

- Высокие требования к аппаратному обеспечению и процессу пробоподготовки
- Высокая стоимость

Примеры подлежащих обработке системой машинного зрения изображений полей зрения препарата



Использованное оборудование



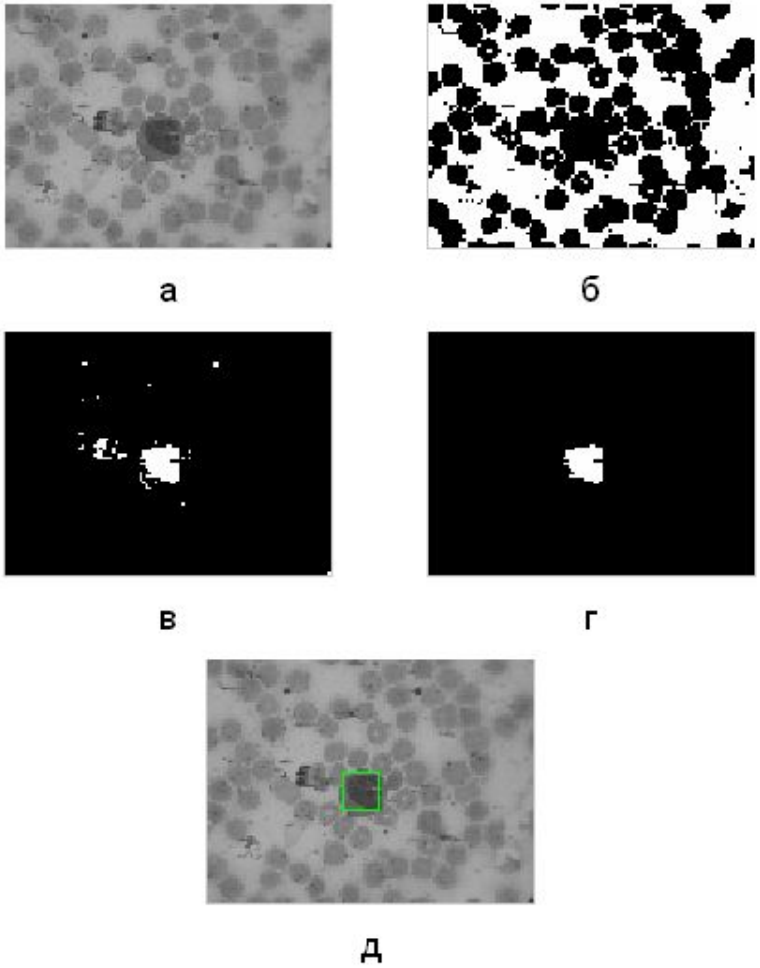
Микроскоп рабочий биологический БИОЛАМ Р11 (ПО ЛОМО, Санкт-Петербург, Россия)

Цифровая фотокамера Canon PowerShot A620

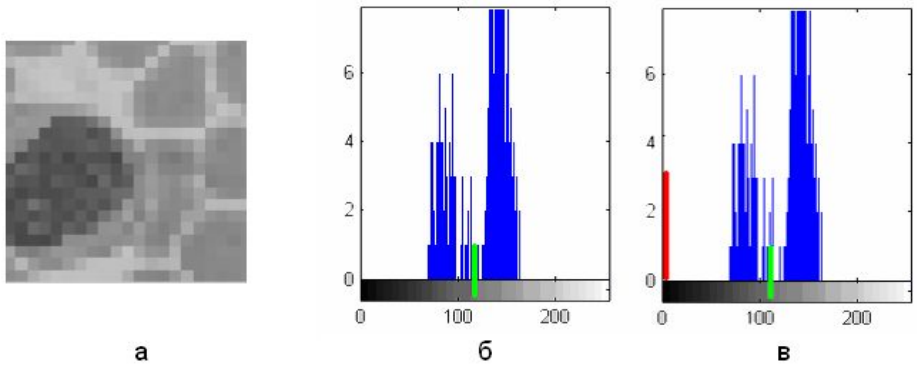
Структура системы машинного зрения

1. Предварительная обработка
2. Автоматическая сегментация
    1. Захват изображений лейкоцитов
    2. Точная сегментация
        1. Определение характеристик изображения
        2. Выделение ядер
        3. Выделение цитоплазмы
3. Автоматическая классификация
    1. Вычисление системы характерных признаков
    2. Распознавание

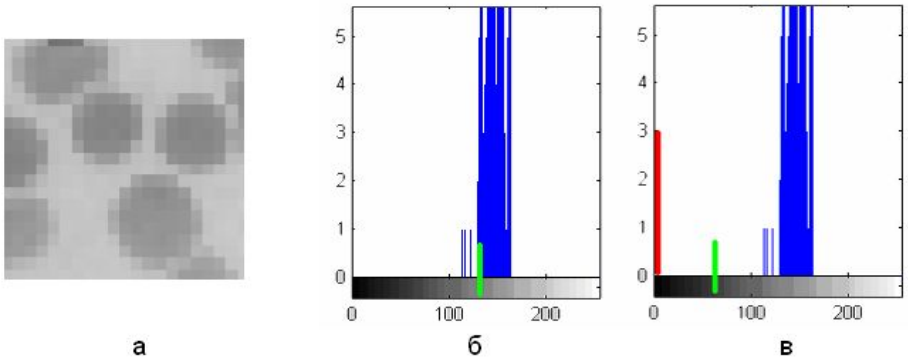
Алгоритм захвата изображений лейкоцитов: пример работы



Алгоритм захвата изображений лейкоцитов: автоматический метод определения типа гистограммы (Иллюстрация)



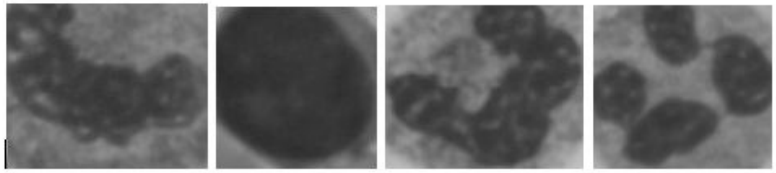
Бимодальная гистограмма

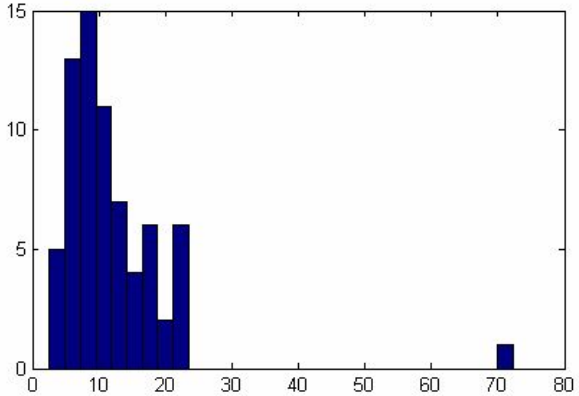


Мономодальная гистограмма

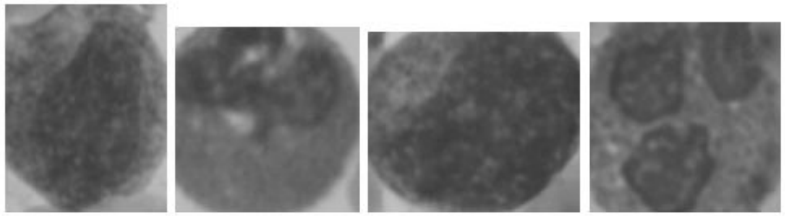
Алгоритм точной сегментации: предварительная оценка изображений

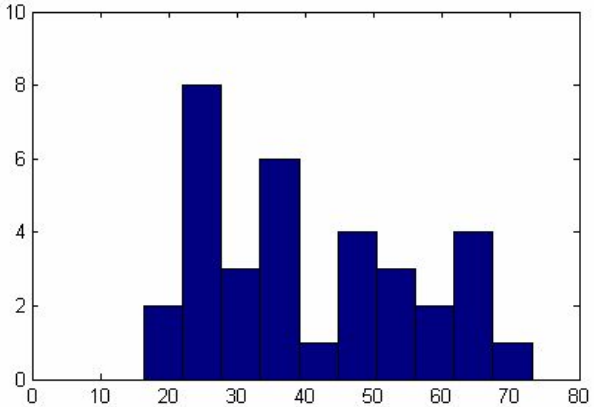
Критерий классификации: $$K = \frac{S(Closed\,Bin1) - S(Closed\,Bin2)}{\max(rows, columns)},$$





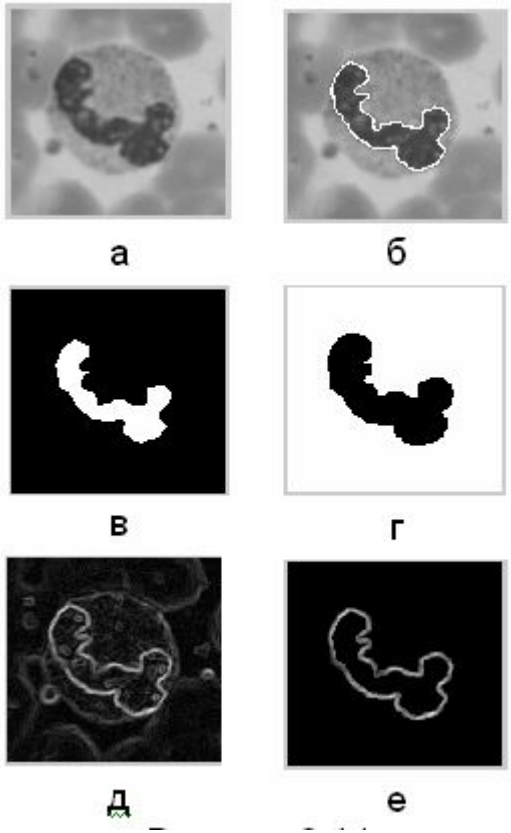
Высококонтрастные (К < 23)



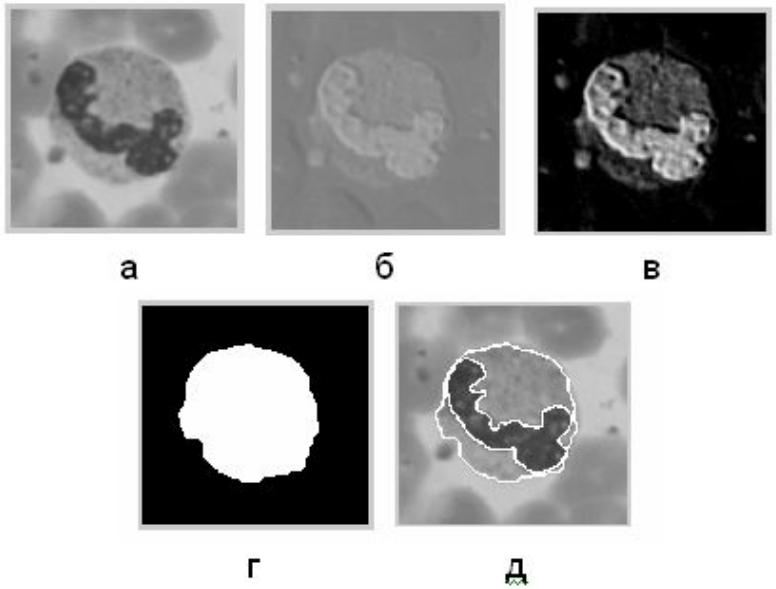


Низкоконтрастные (К ≥ 23)

Алгоритм точной сегментации: выделение ядер и цитоплазмы (пример работы)

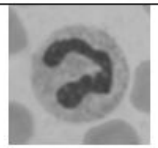
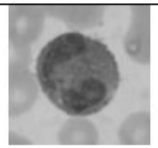
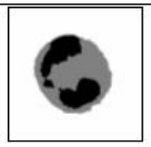
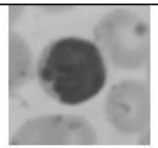
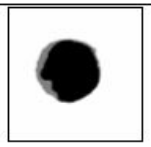
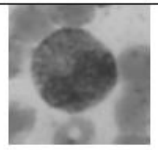
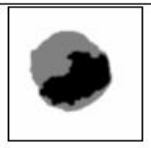
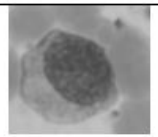


Выделение ядра



Выделение цитоплазмы

Алгоритм точной сегментации: эксперимент

Исходное изображение	Результат сегментации	
	Вручную	Алгоритм
		
		
		
		
		

Среднее время выполнения: 0,54 с

(Система: Intel(R) Celeron(R) CPU M540 1.86 GHz, 2 Gb RAM; MATLAB R2007a, Version 7.0.4.287)

Оценено по 170 изображениям

Система характерных признаков лейкоцитов

1. Площадь клетки (количество пикселов на изображении);
2. Отношение площади ядра к площади клетки;
3. Максимум спектра формы ядра;
4. Радиус структурирующего элемента, при котором достигается максимум спектра формы ядра;
5. Суммарная энтропия, вычисленная по яркостной матрице смежностей области ядра;
6. Максимальная вероятность в яркостной матрице смежностей области ядра;
7. Второй статистический момент распределения интенсивностей на изображении клетки.

Автоматический классификатор на основе технологии нейронных сетей

Параметры нейронной сети

- **Архитектура**: Многослойный персептрон
- **Количество скрытых слоев**: 1
- **Количество нейронов в слоях:** 7 – 15 – 4
- **Алгоритм обучения**: Левенберга-Марквардта
- **Функция активации нейронов**: сигмоидальная (тангенс гиперболический)
- При обучении использован метод раннего останова.

Результаты эксперимента

вход НС → / *отклик НС ↓*	Нейтрофил	Эозинофил	Лимфоцит	Моноцит
Нейтрофил	**47**	2		2
Эозинофил	3	**46**		1
Лимфоцит			**46**	2
Моноцит		2	4	**45**

Матрица неточностей

Суммарная точность классификации: 92%.

Выводы

Научная новизна

- Разработана эффективная методика автоматизации проведения анализа лейкоцитарной формулы обладающая свойствами, позволяющими эффективное внедрение в условиях работы отечественных гематологических, лабораторий.
- Создан быстродействующий и обладающий характеристиками высокой точности алгоритм сегментации лейкоцитов. Полученные результаты достигнуты введением двухстадийной процедуры с предварительным грубым захватом объектов интереса.
- Впервые применена процедура предварительной оценки изображений лейкоцитов, осуществляющая настройку параметров алгоритма сегментации. Благодаря этому достигнута возможность с приемлемым уровнем точности обрабатывать изображения объектов интереса в условиях высокой изменчивости и существенных отличий между представителями разных классов.
- Разработана система характерных признаков изображений лейкоцитов, пригодная для использования в условиях низкого качества изображений.
- Полученная точность этапа распознавания (92%) превосходит результаты аналогичных работ.

Практическая ценность

- Результаты исследования могут быть использованы для реализации серийной системы автоматизации анализа популяционного состава лейкоцитарной формулы крови.
- Также некоторые разработанных методов могут найти применение в широком спектре задач машинного зрения.

Апробация результатов работы

- Дземан М. І., Лебедєв К. А. Сучасні можливості автоматизації процесів аналізу препаратів периферичної крові засобами комп'ютерної обробки. //Науковий вісник Національного медичного університету імені О. О. Богомольця. – 2008. - №4 (21). – С. 114–119.

- Дземан М. И., Калниболотский Ю. М., Лебедев К. А. Метод сегментации микрофотоснимков препаратов периферической крови. //Друга конференція молодих вчених "Електроніка - 2009". Збірник статей. Частина 1.– К.: АВЕРС, 2009. - С. 145-151.

Благодарю за внимание.