

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Проведен анализ признаков изображений, их величин, методов выделения признаков и значения этих методов для решения задач обработки изображений металлографического характера. Выполнена классификация признаков и методов, используемых для решения задачи обработки изображения путем получения их оценок. Предложен метод разбиения всего множества объектов на непересекающиеся подмножества – классы. В качестве способа разбиения выбрана кластеризация. Разработан программно-методический комплекс для цветовой сегментации изображения. Проведены эксперименты по определению устойчивости алгоритма.

Ключевые слова: обработка изображений, цветовая сегментация, кластерный анализ, классификация, программно-методический комплекс.

L.V. VASYLYEVA, A.F. TARASOV, I.A. GETMAN

Donbass State Engineering Academy

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS AND SOFTWARE OF IMAGE SEGMENTATION

The features of images, their values, methods of feature allotment and the values of these methods for solutions tasks of image processing with metallographic character are analyzed. Classification of features and methods, which used to solve tasks of image processing by preparing their estimates, is performed. The method of partitioning the entire set of objects into disjoint subsets – classes is offered. Clustering is selected as a method of partitioning. Program-methodical complex for color image segmentation is designed. Experiments of determine the stability of the algorithm are conducted.

Keywords: image processing, color segmentation, cluster analysis, classification, program-methodical complex.

Одним из элементов научных публикаций может быть снимок сканирующего электронного микроскопа, работающего в режиме дифракции обратнорассеянных электронов (ДОЭ/EBSD), для определения параметров ориентировки зерен, текстуры в локальной области образцов, разориентировки границ зерен и т.д. [1]. Как правило, иллюстрации содержат изображения предмета исследования перед началом, в процессе и в конце исследований. В связи с этим, составляющей частью интегрированного программного комплекса должно быть специализированное программное обеспечение, реализующее применение методов обработки изображений, в том числе металлографических, для распознавания элементов изображений и их геометрических параметров.

Анализ изображений для решения задач автоматизации технологических процессов в промышленности сегодня является предметом интенсивных научных исследований.

Развитием теории и практики обработки изображений с использованием различных методов и алгоритмов занимались: У. Прэтт, Р. Бейтс, М. Мак-Донелл, Дж. Тьюки, А. Розенфельд, Г. Шлихт, Р. Воробель, И. Журавель и другие.

В области распознавания изображений существенный вклад внесли исследователи Р. Дуда, П. Харт, Р. Дейн, И. В. Васильев, А. Горелик и другие.

В современных системах анализа изображений используются априорные сведения об изображаемых объектах и их взаимных соотношениях, а также методы искусственного интеллекта для организации процессов обработки изображений и распознавания объектов и сцен [2]. Анализ изображения, результатом которого является числовое, логическое или лингвистическое описание, предшествует этап выделения признаков изображения, являющихся его простейшими характеристиками или свойствами. Визуально-ориентированными признаками (устанавливаемыми на основе визуального анализа изображения) являются светлота (яркостные признаки), координаты цвета, спектральная плотность и др. Измерительно-ориентированными признаками являются признаки, установленные при помощи специальной обработки или измерений параметров изображения (гистограммы распределения яркости и цветовой интенсивности, спектры пространственных частот и др.). Соответственно, для этих групп признаков разработано большое число достаточно эффективных методов выделения признаков изображения [3, 4].

Результаты анализа применяемых в настоящее время методов распознавания изображений, следующие:

- специализированные методы (при использовании которых известны координаты характеристических точек на изображении): метод зондов; метод совмещения с эталоном; метод маркировки;
- статистические методы распознавания (при использовании которых известны статистические модели наблюдаемых сигналов на изображении): метод стохастической аппроксимации; метод минимального эмпирического риска; метод сравнения условных вероятностей;
- параметрические методы распознавания (при использовании которых известны предположения о параметрах наблюдаемых сигналов): метод допустимых преобразований; корреляционный метод; кластерный анализ; алгебра классов;
- структурные методы (при использовании которых известны лингвистические описания эталонов (сцен и комплексов образов) и проводится обучение с помощью экспертов): метод распознавания

динамических образов; метод коллективов решающих правил; метод лингвистических переменных и нечетких множеств;

- методы на основе самообучения (решение задач самообучения): вариационные и эвристические методы; методы выделения компактных групп; метод смешанных распределений; метод перцептронов и использование нейросетей.

Анализ признаков изображений, их величин, методов выделения признаков и значения этих методов для решения задач обработки изображений металлографического характера показал, что эти методы могут быть разбиты на группы по характеристикам признаков анализируемых изображений и способам их определения.

Всё множество признаков / факторов, которые могут быть использованы для решения задачи обработки изображения, было классифицировано. Классификация признаков и методов получения их оценок приведена на рисунке 1:

- цвет фрагмента (применяемые методы для оценки и описания: гистограммные, использующие параметры гистограмм цветовых характеристик, в том числе различные меры расстояния между гистограммами; статистическое описание цветовой модели, использующее общие статистические оценки цветовой модели);

- текстура фрагмента (применяемые методы для оценки и описания: статистические, использующие общие статистические оценки, матрицы смежности Харалика, признаки Тамура и т.д.; топологические, использующие диаграммы Вороного, преобразования Хафа и Радона; моделирования текстуры, позволяющие строить ее модели в виде марковских случайных полей, фракталов и т.д.; спектральные, использующие дискретные преобразования, комплексные вейвлеты, фильтры Габора и т.д.);

- форма фрагмента, описываемая дескрипторами контуров (применяемые методы для оценки и описания: геометрические, использующие значения периметра, эксцентриситета, кривизны и т.д. для контура фрагмента; частотно-пространственные, использующие комплексные координаты элементов контура, дескрипторы Фурье на основе спектрального преобразования кривых контура, метод сеток и т.д.);

- форма фрагмента, описываемая дескрипторами регионов (применяемые методы для оценки и описания: геометрические, использующие значения площади, компактности, число Эйлера и т.д.; глобальные, использующие моменты Цернике, инвариантные моменты, скелетонизация областей и т.д.) [5].

Распознавание опирается на схожесть однотипных объектов по заданным признакам. Отсюда возникает возможность разбиения всего множества объектов на непересекающиеся подмножества – классы, элементы которых имеют некоторые схожие свойства, отличающие их от элементов других классов.

Разбиение рассматриваемого множества объектов на классы может быть задано различными способами [6]. Т.к. для рассматриваемой задачи объекты описывались векторами признаков (измерений), класс можно рассматривать как кластер. Поэтому в качестве способа разбиения выбрана кластеризация.

Если кластеры достаточно разнесены в пространстве, при распознавании хорошо работает метод оценки расстояний от рассматриваемого объекта до каждого из кластеров. Сложность распознавания возрастает, если кластеры перекрываются. Обычно это является следствием недостаточности исходной информации и может быть разрешено увеличением количества измерений объектов. Для задания исходных кластеров можно использовать процедуру обучения.

Исходя из этих соображений, разрабатывался специализированный программно-методический комплекс для реализации алгоритмов выделения на металлографическом изображении областей заданного цветового диапазона (карты ориентировок), характеризующего форму и ориентацию зерен; а также для выделения контуров (программная реализация – Тертышная Д.К., магистрант). Разработана структурно-функциональная диаграмма исследования металлографических изображений методами кластерного анализа, а также алгоритм реализации обработки металлографического изображения (рис. 2). На вход программно-методического комплекса подавались графические данные, преимущественно в формате jpeg, осуществлялась инициализация начальных положений центров кластеров. На следующем шаге рассчитывались координаты центров кластеров, определялась принадлежность объектов к кластерам. Изображения распознаваемых объектов представлялись в виде многомерных векторов признаков $X_k = \{x_1, \dots, x_n\}$. Принадлежность к выбранному классу определялась вычислением меры близости рассматриваемого вектора к области определения класса $\rho(x_i, x_j)$. В качестве такой меры использовалось евклидово расстояние. Определенная сложность возникает относительно выбора изначального числа кластеров. На данном этапе работы возможное число кластеров определялось итерационно по результатам ряда экспериментов и анализа полученных результатов. В качестве метода кластеризации выбран наиболее распространенный среди неиерархических методов алгоритм k-средних (k-means), для возможности использования которого необходимо иметь гипотезу о наиболее вероятном количестве кластеров [7].

Процесс вычисления центров и перераспределения объектов продолжается до тех пор, пока не выполнено одно из условий: кластерные центры стабилизировались, т.е. все наблюдения принадлежат кластеру, которому принадлежали до текущей итерации; либо число итераций равно максимально заданному числу итераций. Первичная кластеризация данных металлографического анализа производилась по одному признаку – цвету. Исходное изображение представлялось в цветовой модели RGB.

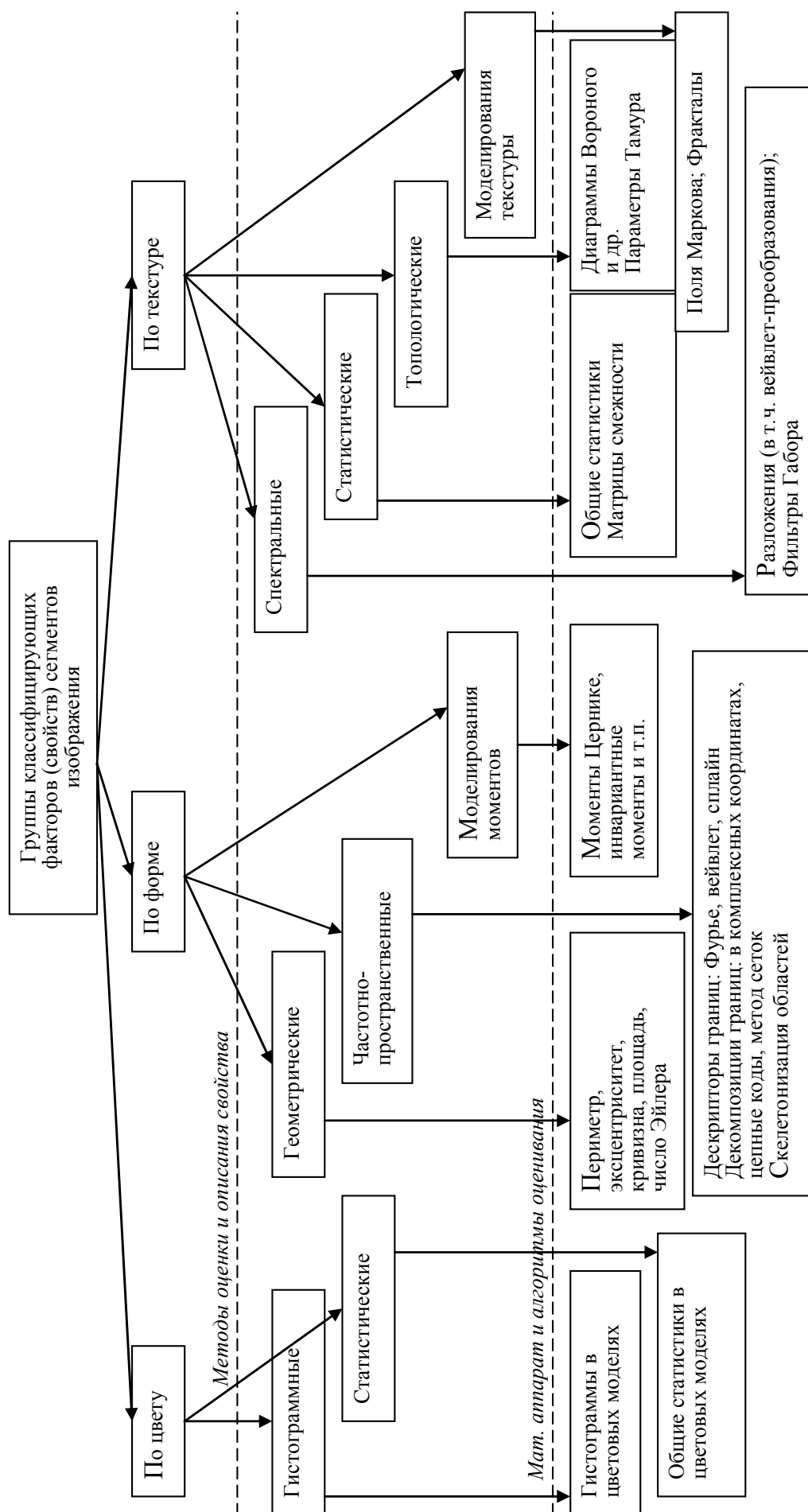


Рис. 1. Классификация признаков сегментов изображений и методов получения их оценок

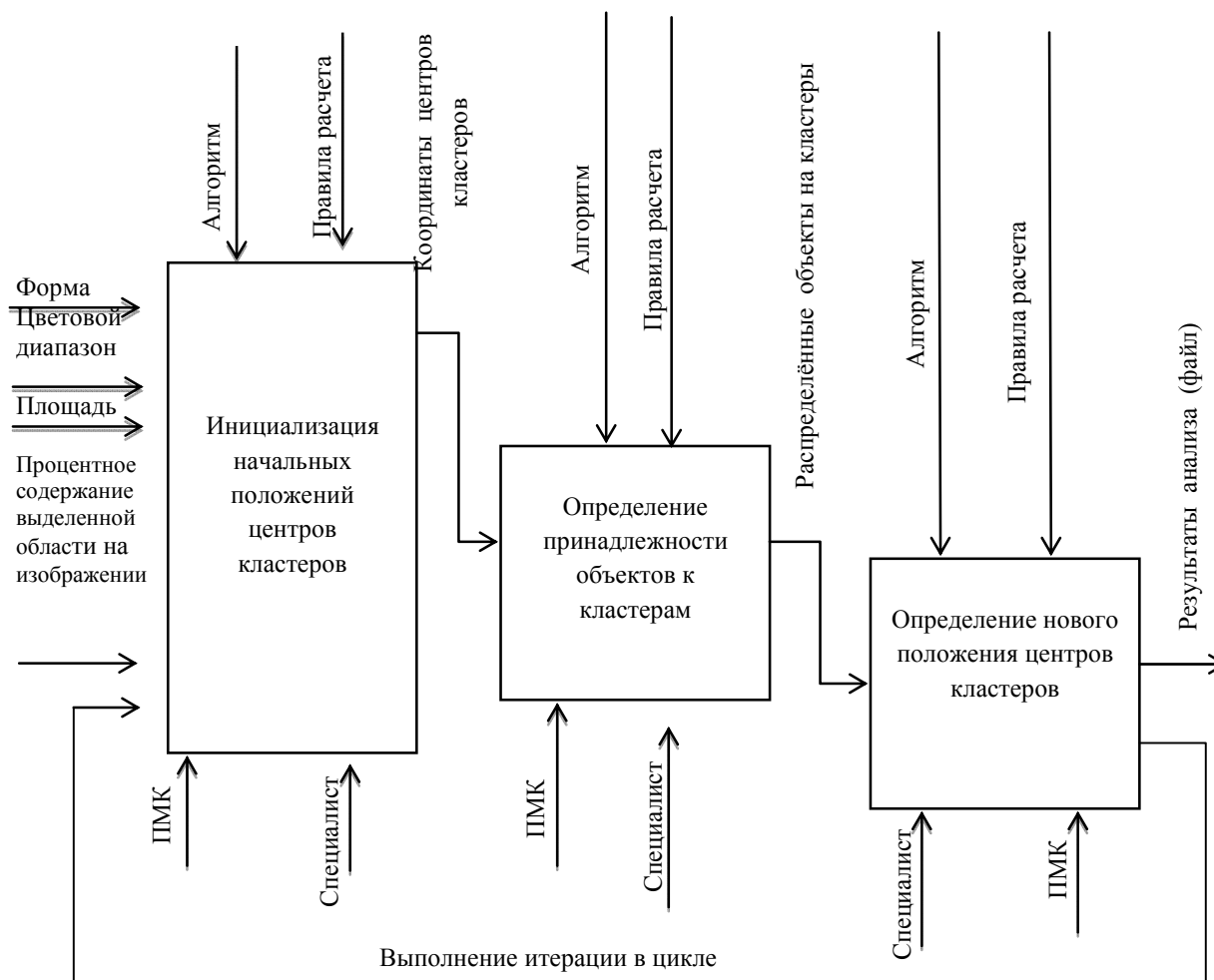


Рис. 2. Структурно-функциональная диаграмма процесса статистической обработки результатов металлографического анализа

Чтобы обеспечить возможность наилучшего распределения информации в цветовом пространстве, используется карта сегментации как предварительная информация. Эксперименты показали, что использование цветового пространства Красный – Зелёный – Синий (КЗС или RGB) не подходит, поэтому использовалось пространство Цветовой тон – Насыщенность – Яркость (HSV — Hue, Saturation, Value), которое хорошо подходит для описания цветов с практической точки зрения для получения большего количества данных.

В рамках данной работы была создана программа генерации специальных тестовых изображений для программных комплексов обработки графических объектов [8], которая позволяет менять сложность распознаваемых изображений, и представляет тестовые данные для сравнения с результатами изображения.

Вид изображения до и после первичной кластеризации представлен на рис. 3 и рис. 4.

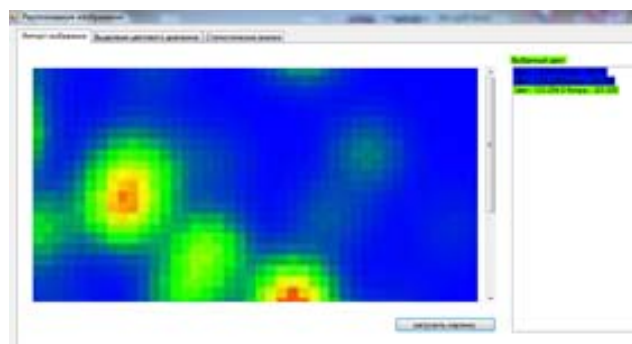


Рис. 3. Исходный вид изображения

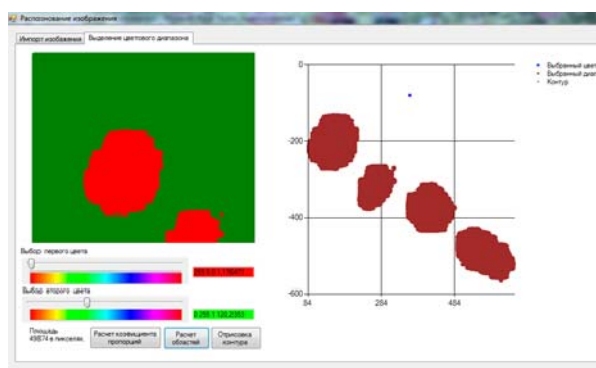


Рис. 4. Прототип экранной формы первичной кластеризации изображения

Результат кластеризации с использованием многомерных векторов признаков методом k-means представлен на рис. 5.

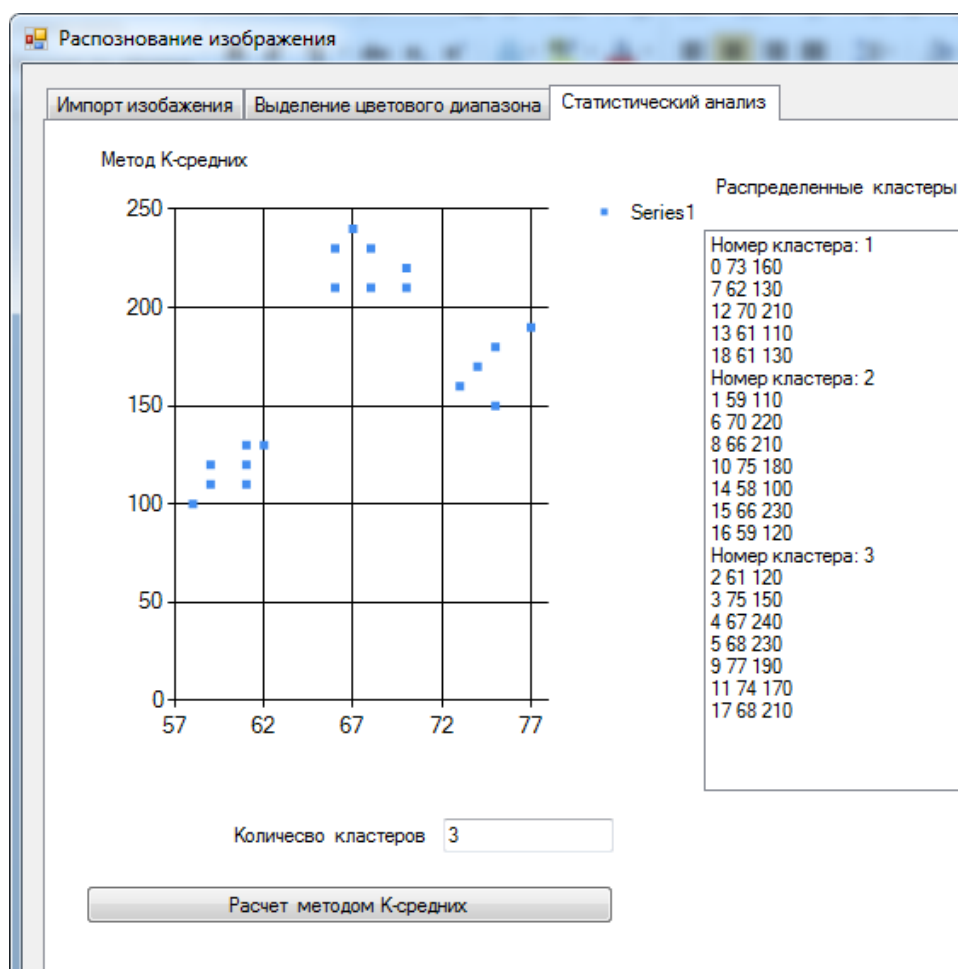


Рис. 5. Прототип экранной формы обработки данных методом К-средних

Для оценки устойчивости разработанного алгоритмического и программного обеспечения сегментации изображений к искажениям (шумам) к тестовому изображению были применены несколько фильтров пакета программ Adobe Photoshop. Для чистоты эксперимента, для всех изображение задавались одинаковые параметры цветового диапазона. Рассчитывалась относительная погрешность расчёта площади объектов заданного цветового диапазона. Проведенный анализ показал устойчивость алгоритма – наибольшая относительная погрешность 5,9 %.

Выводы

1. Выполнено исследование применяемых в настоящее время методов распознавания изображений. Произведена классификация признаков, которые могут быть использованы для решения задачи обработки изображения, и методов получения их оценок.
2. Разработано алгоритмическое и программное обеспечение для специализированного программного комплекса, реализующее применение методов кластеризации при обработке изображений, в том числе металлографических, для дальнейшего распознавания элементов изображений и их геометрических параметров. Проведены эксперименты по обработке изображений с использованием разработанного программного комплекса.
3. Разработан устойчивый алгоритм цветовой сегментации изображения. Исходное изображение, представленное в цветовой модели RGB, конвертировалось в HSV модель, в результате чего была уменьшена вычислительная сложность и получен больший набор данных для исследования. В качестве метода кластеризации использован алгоритм k-средних (k-means). Эксперименты показали, что предложенный метод перспективен для сегментации и обработки металлографических изображений.

Литература

1. Варюхин В.Н. Возможности метода дифракции обратнорассеянных электронов для анализа структуры деформированных материалов / В.Н. Варюхин, Е.Г. Пашинская, А.В. Завдовеев, В.В. Бурховецкий // – К. : Наук. думка, 2014. – 103 с.
2. Генкин В.Л. Системы распознавания автоматизированных производств / В.Л. Генкин, И.Л. Ерош, С.С. Москалев // – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 246 с.
3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / У. Прэтт // - М.: Мир, 1982. – Кн. 2 – 480 с.

4. Хорн Б. Зрение роботов / Б. Хорн // – М.: Мир, 1989. – 487 с.
5. Гетьман И.А. Создание экспертной подсистемы информационно-измерительной системы контроля внешнего вида керамических изделий / И.А. Гетьман // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції ІТОНТ-2012 25-27 квітня 2012., м. Черкаси, - 2012. Том 1 С.60-61.
6. Бирюков, А.С. Решение задач кластерного анализа коллективами алгоритмов / А.С. Бирюков, В.В. Рязанов, А.С. Шмаков // *Ж. вычисл. матем. и матем. физ.*, Т. 48 (1), 2008 - С. 176–192.
7. Мандель, И.Д. Кластерный анализ [Текст] / И.Д. Мандель // – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
8. Васильева, Л.В. Программа генерации тестовых изображений для программных комплексов обработки снимков металлографического анализа / Л.В. Васильева, И.А. Гетьман, С. К. Добряк // *Наук. пр. Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація*, № 1(29) – Покровськ (Красноармійськ): ДонНТУ, 2016. - С. 39–46.

References

1. Varjuhin V. N. Vozможности metoda difrakcii obratnorassejanyh jelektronov dlja analiza struktury deformirovannyh materialov / V. N. Varjuhin, E. G. Pashinskaja, A. V. Zavdoveev, V. V. Burhoveckij. – K.: Nauk. dumka, 2014. – 103 s.
2. Genkin V.L., Erosh I.L., Moskalev Je.S. Sistemy raspoznavanija avtomatizirovannyh proizvodstv. – L.: Mashinostroenie. Leningr. otd-nie, 1988. – 246 s.
3. Prjett U. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij. - M.: Mir, 1982. – Kn. 2 – 480 s.
4. Horn B.K.P. Zrenie robotov. – M.: Mir, 1989. – 487 s.
5. Getman, I.A. Creating an expert subsystem information and measuring control the appearance of pottery / IA Getman // *Tezi dopovidey MNPK ITONT 2012, Volume 1 – Cherkasy*, - 2012. S.60-61.
6. 6. Birjukov, A.S. Reshenie zadach klasterного analiza kolektivami algoritmov / A.S. Birjukov, V.V. Rjazanov, A.S. Shmakov // *Zh. vychisl. matem. i matem. fiz.*, T. 48 (1), 2008 S. 176–192.
7. Mandel', I.D. Klasterный analiz [Tekst] / I.D. Mandel'. – M.: Finansy i statistika, 1988. – 176 s.
8. Vasilyeva, L. Programma generacii testovyh izobrazhenij dlja programmnyh kompleksov obrabotki snimkov metallograficheskogo analiza /L. Vasilyeva, I. Getman, S. Dobryak// *Наук. пр. Донец'кого національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація*, № 1(29) – Покровськ (Красноармійськ): ДонНТУ, 2016. S. 39–46.

Рецензія/Peer review : 12.9.2016 р.

Надрукована/Printed : 10.11.2016 р.
Стаття рецензована редакційною колегією