

УДК 004.932 : 620.186

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛОСТРУКТУР ЗА ЇХ КОЛЬОРОВИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ**

Калініна Н.Ю., к.т.н.

*Національна металургійна академія України (Дніпропетровськ)*

Тел. 096-849-36-40

**Анотація** – у роботі запропоновано алгоритм автоматизованого аналізу кольорових зображень мікрошліфів металоструктур і визначення їх геометричних і кількісних характеристик на основі об'єднання методів колірної сегментації зображення і методу нарощування областей.

**Ключові слова** – металографічний аналіз, кольорове зображення, сегментація, нарощування областей, мікроструктура, кількісні характеристики металоструктури.

*Постановка проблеми.* Принцип роботи будь-якої сучасної оптичної системи аналізу мікроструктур полягає у наступному: зображення знімається зі шліфованої та, якщо цього вимагають норми, протравленої поверхні зразка [1]. В результаті отримують кольорове або напівтонове зображення з відмінними по яскравості областями, що складають характерний рисунок (паттерн) структури металу. У металографії дослідження мікроструктури зазвичай полягає у порівнянні зображень, отриманих під мікроскопом із зображеннями ДСТУ або ТУ [1], а також, у визначенні геометричних та кількісних характеристик об'єктів на цих зображеннях таких, як фази, зерна, границі металів, тріщини і т. ін. Вочевидь, що надійність такого контролю залежить від ряду суб'єктивних причин, наприклад, кваліфікації або втомленості оператора. Крім того, задача аналізу структури металу вважається однією з найскладніших у оптичному методі через специфіки зображення [1]. Зазначені фактори, а також практична необхідність аналізувати великі об'єми інформації визначають проблему комп'ютерної автоматизації процесів аналізу і подальшої обробки металографічних зображень.

*Аналіз останніх досліджень.* Сучасне програмне забезпечення (ПЗ) дозволяє проводити напівавтоматичний аналіз металографічних зображень та вирішувати такі задачі, як згладжування шумів та корекція яскравості/контрастності, фазовий аналіз зображення, побудова профілю яскравості, калібрування, швидке вимірювання

відстані між будь-якими точками зображення та площ об'єктів, визначення розміру зерна, морфологічний аналіз зображення, робота по ДСТУ, створення автоматичних класифікаторів [1,2]. Суттєвим обмеженням відповідного ПЗ є те, що воно призначене для обробки бінарних та монохромних зображень, хоча зараз все більше знімків мікрошліфів металоструктур отримують саме у кольорі. Зазвичай колір «прибирають» при попередній обробці знімку, оскільки більшість дослідників вважають його неінформативною характеристикою [3].

*Формулювання цілей статті.* Ці обставини ставлять задачу розробки комплексу методів і алгоритмів, які дозволять використовувати кольорові ознаки зображень мікрошліфів металів і сплавів в задачах аналізу металоструктур і визначення їх геометричних і кількісних характеристик по зображеннях мікрошліфів.

*Основна частина.* Найважливішими характеристиками металів і сплавів є: склад, фазовий стан, розмір зерна. Кількісна оцінка основних характеристик металографічних мікроструктур заснована на математичному принципі Кавальєрі із якого слідує, що шукані значення на площині шліфу є такими, як і в об'ємі мікроскопічних зображень, отриманих з різних полів зору, взятих в декількох площинах зразку. Зазначимо, що майже всі методи кількісної металографії є статистичними, отже точність вимірів залежить від їх кількості. Різні методи аналізу, що мають відношення до кількісної металографії, можна розділити на п'ять основних груп: 1) вимір процентного співвідношення різних фаз (структурних складових) на наданій площі поверхні шліфу; 2) підрахунок часток; 3) аналіз розподілення зерен по розмірах; 4) визначення чисельних параметрів, що характеризують форму часток; 5) аналіз розмірних співвідношень між частинами однієї фази або різних фаз [1]. Всі зазначені методи аналізу засновуються на статистичних закономірностях, що дозволяють використовувати отримані при аналізі малої площини результати для характеристики структури всього об'єкту в цілому.

Процес отримання кількісної оцінки структури зображення передбачає вирішення однієї із основних проблем аналізу складних зображень – проблеми сегментації. Під сегментацією зображень розуміємо розбиття зображення на області по подібності властивостей їх точок, наприклад, по ознаці кольору або яскравості. У випадку автоматизації методів кількісного аналізу, сегментацію необхідно розглядати як основний початковий етап, що полягає у побудові формального опису зображення, якість виконання якого багато в чому визначає успіх вирішення задачі оцінювання кількісних характеристик об'єкта зображення [3].

Розроблений алгоритм автоматизованого аналізу і визначення геометричних і кількісних характеристик об'єктів на кольорових зображеннях мікрошліфів металевих сплавів має наступні кроки:

I. Застосування алгоритму дворівневої структурної сегментації кольорових зображень мікрошліфу [3]. На цьому етапі відбувається: 1) переведення вихідного зображення в кольорову модель HSV; 2) розбиття зображення на 12 кольорових сегментів по компоненті Hue (кольоровий тон); 3) вибір визначних сегментів другого рівня ієрархії в залежності від апіорної інформації про тип металу чи сплаву, або, в загальному випадку, виділення сегментів першого рівня з 1 по 8 і 12, а також, 13 сегмент, що виділяється по компоненті Value (яскравість кольору).

II. Розбиття вихідного зображення. Розбиття первинного зображення на такі ж за розміром зображення, кожне з яких містить один з виділених на попередньому етапі сегментів. Кількості зображень дорівнює кількості виділених на етапі I сегментів.

III. Визначення діапазону яскравості об'єктів на сегментованих частинах вихідного зображення. Виконання фазового аналізу, над кожним з отриманих на етапі II зображень, в результаті якого отримаємо двофазове зображення методом виставлення порогів на полутонових характеристиках зображення. Таким чином для об'єкту (сегменту) і фону визначається цифровий діапазон.

IV. Застосування методу нарощування областей [4]. Визначення початкових точок для нарощування областей (центрів кристалізації) за характеристиками яскравості і критеріїв нарощування області (за різницею яскравості і критерієм зв'язності).

V. Обчислення геометричних і кількісних характеристик виділених об'єктів зображення: фаз, кристалів, тріщин і ін.

Для ілюстрації роботи алгоритму візьмемо зображення мікрошліфу латуні (зерна кристалів дендритної форми). Порівняємо результати роботи запропонованого алгоритму із результатами застосування методу нарощування областей одразу до первинного зображення (тобто без попередньої колірної сегментації) – рис. 1,г.

Після виконання 4-го шагу розробленого алгоритму було виділено 38 (рис. 1,г) і 12 (рис. 1,в) зерен кристалів (окремих областей зображення). При застосуванні методу нарощування областей до первинного зображення (без попередньої кольорової сегментації) можливо виділити лише 1 область зображення.

На 5-му шагу алгоритму проводимо обчислення геометричних і кількісних характеристик виділених об'єктів сегментованих зображень. Отримаємо наступні дані: відносна доля фази (73% і 27% відповідно), середній розмір зерна (705ріх і 840 пікселів відповідно),

також було обчислено розміри кожного зерна, координати центрів зерен та ін. характеристики.

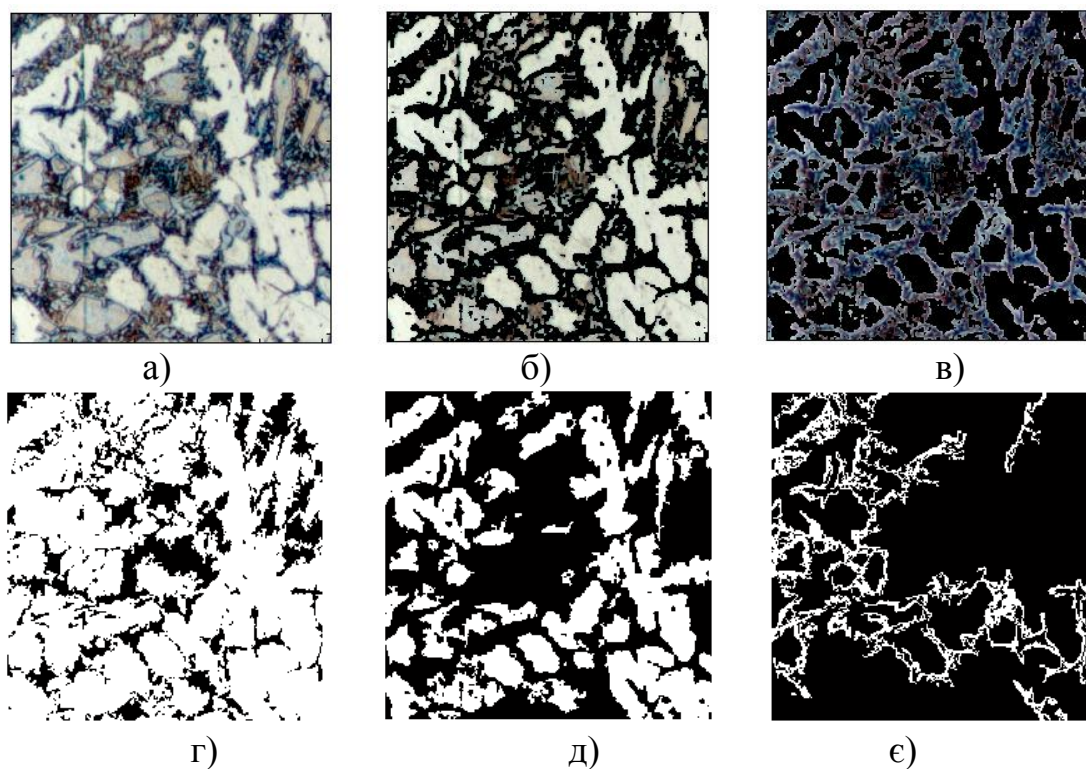


Рис.1.

На рис. 1 зображено: а) знімок мікрошліфу сплаву; б) – в) виділення окремих сегментів зображення за колірними ознаками; г) результат застосування методу нарощування областей до вихідного зображення без попередньої сегментації; д) – е) результат застосування методу нарощування областей до окремих сегментів зображення.

*Висновки.* Розроблений алгоритм дозволяє ефективно виконувати автоматизовану сегментацію кольорових знімків мікроструктур, адекватно виділяти окремі об'єкти на зображеннях (фази, зерна, тріщини і ін.) і проводити подальші обчислення характеристик виділених об'єктів. Проведені експерименти дозволяють зробити висновок про високий потенціал використання колірної складової зображень мікрошліфів металевих сплавів в задачах автоматизованого аналізу, оскільки попередня сегментація за кольором надає можливість ефективно використовувати відомі алгоритми сегментації, які не застосовані для малоструктурованих монохромних зображень, якими є знімки металоструктур. Наші подальші дослідження будуть присвячені подальшому розвитку

автоматизованого аналізу і ідентифікації кольорових зображень мікрошліфів металів і сплавів.

#### Література

1. *Филинов М.В.* Повышение точности количественных оценок поверхностных дефектов и структур металлов по их цифровым изображениям в оптическом неразрушающем контроле: дис. ... д-ра техн. наук: 05.11.13/ М.В. Филинов – М., 2007. – 359 с.
2. *Чубов А.А.* Автоматизация металлографического анализа и контроля сплавов с использованием методов цифровой обработки оптических изображений микроструктур: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06/ А.А. Чубов. – М., 2007. – 359 с.
3. *Калиніна Н.Ю.* Математичні моделі ідентифікації та методи структурного аналізу фотограмметричних зображень: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01 / Н.Ю. Калиніна. – Дніпропетровськ, 2013. – 137 с.
4. *Гонсалес Р.* Цифровая обработка изображений: издание 3-е, исправленное и дополненное / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛОСТРУКТУР ПО ИХ ЦВЕТНЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Н.Ю. Калинина

*Аннотация* – в работе предложен алгоритм автоматизированного анализа цветных изображений микрошлифов металлоструктур и определение их геометрических и количественных характеристик на основе объединения методов цветовой сегментации изображений и метода наращивания областей.

### AUTOMATION OF PROCESS OF DETERMINING GEOMETRICAL CHARACTERISTICS OF THE METAL STRUCTURE FROM THEIR COLOR IMAGES

N. Kalinina

#### *Summary*

In this paper we propose an algorithm of the automated analysis of color images microsections metal structures and determining their geometrical and quantitative characteristics by combining the method of color image segmentation and the method of building regions.