

Металургія

УДК 669.111.22

Романенко Юрій Олександрович

аспірант кафедри металургії

Запорізького національного університету

Романенко Юрий Александрович

аспирант кафедры металлургии

Запорожского национального университета

Romanenko Yurii

Graduate Student of Department of Metallurgy

Zaporizhzhya National University

**МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА СЕГМЕНТАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ.
АЛГОРИТМ НАРОЩУВАННЯ КРАЮ ОБ'ЄКТУ
МЕТОДЫ АНАЛИЗА И СЕГМЕНТАЦИИ ЦИФРОВЫХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ. АЛГОРИТМ НАРАЩИВАНИЯ КРАЯ ОБЪЕКТА
ANALYSIS AND SEGMENTATION METHODS OF DIGITAL IMAGES.
BORDER OBJECT EXTENSION ALGORITHM**

Анотація. При виробництві та використанні сипучих матеріалів виникає необхідність контролювати їх гранулометричний склад. Розмір частинок сипучого матеріалу визначає важливі технологічні характеристики і впливає на ефективність його застосування. Класичними методами визначення гранулометричного складу агломерату є лабораторний (ситовий) аналіз і просівання. Поряд з ними на деяких підприємствах використовують методи, засновані на вимірі енергії первинного дроблення матеріалу, механічні гранулометрію, а також знайшли застосування оптичні методи і реалізовані на їх основі системи з використанням пробовідбірників.

Автоматизація контролю гранулометричного складу сипучих матеріалів з використанням оптико-електронного методу безпосередньо в технологічному потоці дозволить своєчасно класифікувати матеріал по класах крупності і оцінити його міцність, що залежить від багатьох факторів.

Останні розробки в області цифрової обробки зображень забезпечують можливість отримати краще уявлення про гранулометричний розподіл часток, який важко отримати за допомогою механічного ситового аналізу. Розробляється метод заснований на алгоритмі зростаючої області з посиленням її краю і на розширенні зображення як способів перед- і пост-обробки. Метою даного дослідження є розробка методики аналізу зображень для надання інформації про повний спектр розмірів частинок агломераційної шихти починаючи з дрібних, і закінчуючи великими розмірами.

Ключові слова: сипучі матеріали, визначення розміру, цифрові зображення.

Анотація. При производстве и использовании сыпучих материалов возникает необходимость контролировать их гранулометрический состав. Размер частиц сыпучего материала определяет важные технологические характеристики и влияет на эффективность его применения. Классическими методами определения гранулометрического состава агломерата является лабораторный (ситовой) анализ и просеивания. Наряду с ними на некоторых предприятиях используют методы, основанные на измерении энергии первичного дробления материала, механические гранулометрию, а также нашли применение оптические методы и реализованы на их основе системы с использованием пробоотборников.

Автоматизация контроля гранулометрического состава сыпучих материалов с использованием оптико-электронного метода непосредственно в технологическом потоке позволит своевременно классифицировать материал по классам крупности и оценить его прочность, что зависит от многих факторов.

Последние разработки в области цифровой обработки изображений обеспечивают возможность получить лучшее представление о гранулометрический распределение частиц, который трудно получить с помощью механического ситового анализа. Разрабатывается метод основан на алгоритме растущей области с усилением ее края и в расширении изображение как способов пред- и пост-обработки. Целью данного исследования является разработка методики анализа изображений для предоставления информации о полном спектре размеров частиц агломерационной шихты начиная с мелких и заканчивая крупными размерами.

Ключевые слова: сыпучие материалы, определение размера, цифровые изображения.

Summary. *In the production and use of bulk materials, it becomes necessary to control their particle size distribution. The particle size of the bulk material determines important technological characteristics and affects the effectiveness of its application. Classical methods for determining the particle size distribution of agglomerate are laboratory (sieve) analysis and sieving. Along with them, some enterprises use methods based on measuring the energy of primary crushing of the material, mechanical granulometry, and they have also found application of optical methods and implemented systems based on them using samplers.*

Automation of control of the granulometric composition of bulk materials using the optoelectronic method directly in the process stream will allow you to

timely classify the material by size classes and evaluate its strength, which depends on many factors.

Recent developments in the field of digital image processing provide the opportunity to get a better idea of the particle size distribution of particles, which is difficult to obtain using mechanical sieve analysis. A method is being developed based on the algorithm of a growing region with strengthening of its edge and in expanding the image as methods of pre- and post-processing. The aim of this study is to develop an image analysis technique to provide information on the full range of particle sizes of an agglomeration charge, starting from small to large sizes.

Key words: *bulk materials, sizing, digital images.*

Постановка проблеми. Отримання кількісної оцінки гранулометричного розподілу для сипучих матеріалів за допомогою традиційного методу ситового аналізу дуже складно, довго та дорого.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження складають праці таких фахівців у галузі металургії та комп’ютерного зору, як Carson, С.[10], Clark, G.[11], Franklin J. A.[12], Kemeny, J. M.[13], Wang, W.[14].

Формування цілей статті(постановка завдання). Метою даного дослідження є розробка методики аналізу зображень для надання інформації про повний спектр розмірів частинок агломераційної шихти починаючи з дрібних, і закінчуючи великими розмірами.

Виклад основного матеріалу.

Цифрові зображення

Зображення в декількох кольорах представляються як групи одноколірних зображень. Цифрові фотографії, зроблені для проекту, представляються в колірному форматі RGB, який складається з матриці Red, матриці Green і матриці Blue. Три матриці поєднуються для створення різних кольорів. Фотографії агломераційної шихти відходів, безумовно,

монотонні. Всі три матриці мають однакове розподіл кольору пікселів і забезпечують аналогічну інформацію, і однієї матриці досить, щоб уявити властивості на зображенні. Кожне однокольорове цифрове зображення представлено у вигляді матриці яскравості. Кожен піксель на зображенні має унікальну адресу (x, y) в матриці, і йому присвоюється значення, відповідне яскравості пікселя. В системі Matlab яскравість пікселя зображення $N \times N$ представлена в матричній формі як:

f(1,1)	f(1,2)	f(1,3)	...	f(1,n-1)
f(2,1)	f(2,2)	f(2,3)
f(3,1)	f(3,2)	f(3,3)
...
f(n-1,1)	f(n-1,n-1)

Огляд методів

На початковій стадії процес обробки зображень ділиться на 3 етапи:

1. Формування зображення. Етап формування зображення включає в себе завантаження зображення в програму і його попередню обробку. Введення зображень шару сипучого матеріалу здійснюється за допомогою оптичної камери. При роботі системи формується безперервна послідовність зображень з частотою 60 кадрів / с. При цьому оптична вісь камери, яка формує зображення, розташовується перпендикулярно смузі конвеєра з матеріалом.

2. Підготовчий етап. На цьому етапі відбувається перетворення зображення до виду, зручного для подальшого аналізу, і підготовка його до цього аналізу.

3. Параметричний аналіз. На етапі параметричного аналізу обчислюються основні технологічні характеристики матеріалу.

Одним з основних елементів обробки зображення на підготовчому етапі є процес виділення складових його областей (сегментація), так як на цьому етапі об'єкти виділяються для подальшого розпізнавання і аналізу [1]. Сегментація є сполучною ланкою між попередньою обробкою зображення і його аналізом [2].

Для побудови кривої гранулометричного розподілу на підставі зображень досліджуваного матеріалу, зображення спочатку ділиться на області з допомогою процесу, званого сегментацією, і кожна з цих областей містить частинки матеріалу. Існує три основні категорії методів сегментації [3]: кластеризація, виявлення краю і вилучення області. Кластеризація являє собою багатовимірний варіант визначення порогового значення, і є простим і широко використовуваним методом. У методі визначення порогового значення, вибираються верхні і нижні межі значень ознак, наприклад, вибирається яскравість і проводиться відбір пікселів з яскравістю в межах даного діапазону. Для виконання сегментації за методом кластеризації використовується два або більше властивостей [4]. Перевагою методу виявлення краю є те, що кордони між об'єктами на зображенні мають більш різкі зміни яскравості. Наприклад, на зображенні каменів, пікселі на їхніх кордонах темніше, ніж пікселі внутрішньої області каменю. Існує безліч методів в даній категорії: в тому числі і методи водозбірної трансформації, і методи, засновані на рівнянні часткової диференціації, наприклад, метод установки рівня и метод «змії» [5]. Ідея методу виділення області полягає в поділі зображення на області з подібними властивостями [6]. Це може бути досягнуто за допомогою:

- 1) нарощування області: починаючи з невеликих ділянок і їх злиття з аналогічними областями
- 2) розщеплення області: починаючи з великих ділянок, а потім розділяючи їх

3) або комбінуванням двох методів [7].

Сегментація за допомогою методу нарощування області

Для більшої простоти, в даній роботі використовується метод сегментації за допомогою нарощування області (краю об'єкту). Основним підходом до методу нарощування області є вибір довільних або певних користувачем областей відбору проб в якості вихідних даних. У даних областях відзначаються об'єкти, які підлягають сегментації. Ці області ростуть за допомогою ітерацій, коли додаються все нові і нові сусідні пікселі з подібними властивостями, і це відбувається, поки не закінчаться пікселі, які можуть бути включені в дану область, або поки не буде досягнуто максимального етапу ітерації. Яскравість є найбільш часто використовуваних властивістю, і вона також застосовується в даному дослідженні.

Існують дві основні проблеми при сегментації зображень агломераційної шихти за допомогою методу нарощування області. По-перше, на відміну від лабораторії, де джерело світла знаходиться під контролем, пил і недостатнє освітлення призводять до значних затемнень і так званого шумового ефекту «солі і перцю» на фотографіях. По-друге, межі часто виходять розмитими, що призводить до «витоку» або проблеми розростання зображення.

Для вирішення зазначених проблем використовуються методи попередньої та подальшої обробки зображень. Замість того щоб використовувати точкові значення, в якості вихідних даних в програму закладаються досліджувані області для того, щоб усереднити шумовий ефект «солі і перцю» на фотографіях при підрахунку середнього значення по даній області. Крім того, області розширюються після виконання їх нарощування з метою заповнення «дірок», викликаних нечіткої кам'яної поверхнею, і до вихідного чорно-білому зображенню додається маска Sobel для збільшення кам'яних країв [8].

Розширення зображення є морфологічним прийомом, який розширює межі області. «Дірки» в області можуть бути заповнені або зменшені в розмірах. Для виконання розширення зображення потрібно два вихідних значення: цільове зображення і структурний елемент [9]. Структурний елемент визначає ступінь розширення. Приклад показаний на (рисунку 1).



Рис. 1. Область розширюється на 1 піксель. Сірі пікселі на правому малюнку показують вихідну нерозширена область для порівняння

Початкове зображення являє собою двійкове зображення, в якому одиниця (1) представлена як білий колір, а нуль (0) - як чорний. При операції розширення зі структурним елементом 3×3 , для кожного чорного пікселя перевіряються всі вісім сусідніх пікселів, і якщо виявлено хоча б один білий піксель, то відповідний чорний піксель змінюється на білий. Новоутворена біла межа області збільшується або «розширюється». Що ще більш важливо, шляхом розширення заповнюються невеликі «дірки» в області (Малюнок 2), що робить цей метод корисною процедурою подальшої обробки зображення для заповнення «дірок», які залишилися після нарощування області. Операція розширення викликає невелике штучне укрупнення розміру часток, але виникає похибка відносно невелика в порівнянні з розміром зображення, яке дорівнює десяткам тисяч пікселів.



Рис. 2. Розширення зображення заповнює «дірки» на зображенні

Sobel маска є 2D-фільтром, який покращує межі об'єкта на зображенні шляхом обчислення похідної зображення. Sobel маска 3x3 наступна:

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

для поліпшення горизонтального краю, і

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

для поліпшення вертикального краю. Фільтр застосовується до зображення за допомогою його переміщення по зображенню і за допомогою обчислення добутку фільтра і зображення. У разі Sobel маски, твір є похідною від зображення, яка підсилює різкі зміни.

Межі породи, як правило, темніше, ніж її внутрішня частина. Різниця в яскравості посилюється маскою Sobel а, отже, поліпшуються і кордони. Остаточний алгоритм виглядає так:

- 1) Завантаження зображення і перетворення його в зображення з одношарової яскравістю
- 2) Попередня обробка: поліпшення країв
- 3) Нарощування області
- 4) Подальша обробка: розширення

5) Побудова гранулометричної кривої

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвиток у даному напрямі. З огляду на особливості зображень насипного шару, здійснено вибір оптимальної оптичної схеми для оптико-електронного методу контролю гранулометричного складу сипучих матеріалів.

Проведено аналіз методів обробки зображень, і в зв'язку зі специфікою зображень насипного шару, розроблений метод локального динамічного порогового поділу з адаптивною налаштуванням розміру локальної області поточного зображення для поліпшення якості сегментації.

Метод цифрового аналізу зображень був розроблений для аналізу великомасштабного гранулометричного розподілу. Даний метод дозволяє дати кількісну оцінку гранулометричним розподілам для агломераційної шихти, чого досягти за допомогою традиційного ситового аналізу дуже складно і дорого. Даний метод також забезпечує двовимірну візуалізацію неоднорідності агломераційної шихти.

Література

1. Робототехника К. Фу, Р. Гонсалес, К. Ли. М.: Мир, 1989.
2. Денисов, Д. А. Сегментація зображень на ЕВМ/ Д. А. Денисов, В. А. Нізовкин // Зарубіжна радіоелектроніка. 1985.
3. A Survey on Image Segmentation / К. Fu and J. Mui, 1981.
4. Walter Optisches Prufsystem untersucht Kunst-stoffgranulat / Neuhaus Walter, Glockler Hans, Sariboga Merolan // Maschinenmarkt. 1994.
5. Mesure optique de la granulometrie des matieres charges au haut foumeau / Moretti, J. M., 1990.
6. Determining size distribution of moving pellets by computer image processing / Granness, Steven, 1986.

7. Кукушкін, О. Н. Дослідження можливості визначення гранулометричного складу матеріалів в потоці методами мікрохвильової техніки [Текст] / О. Н. Кукушкін, В. І. Головка, Н. В. Михайлівський, А. В. Потапов, А. Ф. Хасянов, В. В. Скопин // Електрон, техн. Сер. 1. 1998. № 1. С. 39-45.
8. Pattern Classification and Scene Analysis / Richard O. Duda, Peter E. Hart, 1973.
9. Digital Image Processing / Rafael C. Gonzalez, Richard E Woods, 1992.
10. Carson, C., Belongie S., Greenspan H. and Malik J. 2002, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.
11. Clark, G. B. 1987, Principles of rock fragmentation. John Wiley and Sons, New York, N. Y. Franklin, J. A., and Maerz, N. H. (1986). Digital photo-analysis of rock jointing. 39th Canadian Geotechnical Conf., PP. 11-20.
12. Franklin J. A., Maerz, N. H. and Bennett, C. P. (1988). Rock mass characterization using photo analysis. Int. J. Mining Geological Engrg., 6. PP. 97-112.
13. Kemeny, J. M., Devgan A., Roberta M., and Wu X. 1993, Analysis of rock fragmentation using digital image processing. Journal of Geotechnical Engineering. Vol. 119. No. 7. PP. 1144-1160.
14. Wang, W. 2008. Rock Particle Image Segmentation and Systems. 2008, Vienna, Source: Pattern Recognition Techniques, Technology and Applications.