

Зелінський М.Р., учень 11-класу

*Відокремлений підрозділ "Науковий ліцей"
Державного університету "Житомирська політехніка"*

Башинський С.І., к.т.н., доц.

Циганенко-Дзюбенко І.Ю., PhD

Державного університету "Житомирська політехніка"

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ МІНЕРАЛІВ ГІРСЬКИХ ПОРІД ЗА ЇХ ФОТОЗНІМКАМИ

Вступ.

Традиційні методи визначення мінерального складу гірських порід, такі як петрографічний аналіз тонких шліфів, рентгенофлуоресцентний (XRF) або рентгеноструктурний аналіз (XRD), є високоточними, проте часто вимагають значних часових витрат, складного лабораторного обладнання та, у більшості випадків, руйнування зразка. У контексті польової геології, експрес-розвідки та швидкого скринінгу зразків виникає гостра потреба у неруйнівних, швидких та доступних методах, здатних надати попередню кількісну оцінку мінералогічного складу безпосередньо на місці відбору.

Представлена робота присвячена розробці та апробації методики фотометричного аналізу мінерального складу гірських порід на основі їхніх цифрових фотознімків. Мета дослідження полягає у демонстрації того, як, аналізуючи колірні та відбивні характеристики поверхні зразка за допомогою стандартних програмних засобів, можна швидко та безконтактно оцінити відносну кількість того чи іншого мінералу у породи.

Основні положення.

Фотометричний аналіз ґрунтується на фізичному принципі спектральної відбивної здатності мінералів. Кожен мінерал, завдяки своєму унікальному хімічному складу та кристалічній структурі, має характерну криву відбиття світла у видимому діапазоні спектра (380–740 нм). Ця крива визначає його візуальний колір.[1]

Цифрова фотографія фіксує інтенсивність відбитого світла у трьох основних колірних каналах – Червоному (R), Зеленому (G) та Синьому (B). Таким чином, аналізуючи співвідношення інтенсивностей пікселів у цих каналах, можна ідентифікувати мінерали, присутні на зразку, та, що є ключовим для кількісної оцінки, визначити їхню відносну площу експозиції на поверхні. Ключовою перевагою є безконтактність та неруйнівність методу, що дозволяє зберігати зразки цілими для подальших, більш детальних досліджень. [2]

Точність фотометричного аналізу безпосередньо залежить від якості вихідного зображення та, найголовніше, від коректності кольоропередачі. Спотворення, спричинені некоректним освітленням, відблiscами, тінями або некоректним балансом білого, можуть призвести до помилкової ідентифікації та кількісної оцінки мінералів.

Для створення оптимальних умов зйомки використовується світловий бокс (лайтбокс). Це обладнання забезпечує три критично важливі умови:

1. Рівномірне розсіювання світла: Світло від джерел (спалахи, LED-лампи) дифузно розсіюється, унеможливаючи формування різких тіней, які могли б спотворити дані аналізу.

2. Відсутність бликувань: Рівномірне освітлення гарантує, що поверхня зразка освітлена без яскравих, глянцевого відблисків, які пересвічують пікселі та роблять їхні колірні характеристики непридатними для аналізу.

3. Ізоляція від зовнішніх факторів: Бокс мінімізує вплив зовнішнього освітлення, забезпечуючи постійну колірну температуру зйомки.

Для забезпечення точної передачі кольору використовуються два основні підходи калібрування:

Калібрування Обладнання (ICC-профілювання): У колориметричних лабораторних умовах можна визначити та записати унікальний ICC-профіль для конкретної зв'язки апаратури «фотокамера-монітор». Це забезпечує максимальну точність, але профіль є апаратнозалежним і непридатний для використання з іншим обладнанням.

Колориметричні Еталони: Більш універсальним та практичним підходом є включення у кадр об'єктів із відомими колориметричними характеристиками (так званих колірних еталонів). Зазвичай це спеціальні картки з нейтральними кольорами: чорним, сірим та білим. Нейтральний колір має принципову властивість: значення інтенсивності для всіх трьох каналів RGB є однаковим. Наприклад, ідеальний нейтральний сірий має наступні значення колірних компонент R=128, G=128, B=128. Цей метод універсальний і не вимагає специфічного калібрування камери. [3]

Наступний критичний етап – програмна корекція кольору в графічному редакторі, наприклад, Adobe Photoshop. Головна мета цього етапу – досягти стандартизованого правильного балансу білого. Це виконується шляхом вирівнювання кривих розподілу (гістограм) кожного колірних каналу (RGB) на основі референсних значень нейтральних еталонів, зафіксованих на фотознімку. Коригуючи криві так, щоб значення пікселів еталонного сірого стали ідентичними в усіх трьох каналах (наприклад, 128/128/128), ми приводимо всі фотографії, зроблені в різних умовах, до єдиного, порівняльного стандарту. [4]

Після забезпечення коректної передачі кольору виконується безпосередньо аналіз зображення.

Спочатку необхідно ізолювати об'єкт дослідження від фону. Мінімізація тіней, забезпечена світловим боксом, значно спрощує цей етап. Далі, використовуючи інструмент «Діапазон кольорів» (Color Range) у Photoshop, оператор виокремлює ділянки, колір яких відповідає візуальним характеристикам досліджуваного мінералу. Наприклад, якщо необхідно оцінити вміст гранату, виділяються усі червонуваті ділянки з характерним відтінком та тоном. Цей інструмент дозволяє ізолювати пікселі, що належать конкретному мінералу, від матриці породи та інших компонентів.

Кількісна оцінка вмісту мінералу базується на визначенні площі (кількості пікселів) виділеної області. Для цього використовується вікно «Журнал вимірювань» (Measurement Log) у Photoshop.

Процедура розрахунку:

1. Фіксується загальна площа зразка у пікселях (загальна кількість пікселів).
2. Фіксується площа виділеної області конкретного мінералу у пікселях.
3. Розраховується відсотковий вміст мінералу за простою формулою:

$$\text{Вміст мінералу (\%)} = \frac{\text{Кількість пікселів мінералу}}{\text{Кількість пікселів зразка}} \cdot 100\%$$

Наприклад, якщо загальна площа зразка становить 427137 пікселів, а площа виділених пікселів гранату – 21987, то вміст гранату становить:

$$\text{Вміст гранату} = \frac{21987}{427137} \cdot 100\% = 5,15\%$$

Цей показник дає кількісну оцінку мінерального складу, яку можна порівнювати з результатами традиційних методів.

Висновки.

Фотометричний аналіз цифрових фотознімків є високоефективним, швидким та неруйнівним методом експрес-оцінки мінерального складу гірських порід. Його ключові переваги – доступність обладнання (цифрова камера та комп'ютер), швидкість отримання результатів та можливість застосування безпосередньо у польових умовах. Метод може виступати як надійний інструмент попереднього скринінгу, дозволяючи геологам приймати обґрунтовані рішення щодо відбору зразків для подальшого, дорогого лабораторного аналізу.

У подальших дослідженнях планується перехід до використання програми ImageJ. Ця програма є потужнішим і спеціалізованим інструментом для наукового аналізу зображень порівняно з Adobe Photoshop. ImageJ пропонує розширений інструментарій для роботи з окремими колірними каналами, створення макросів та використання спеціалізованих фільтрів.

Перехід на ImageJ дозволить:

1. Підвищити об'єктивність: Завдяки науковим алгоритмам обробки.
2. Автоматизувати процес: Створення макросів дозволить автоматизувати кроки корекції та виділення, значно підвищивши швидкість обробки великих масивів даних.
3. Зменшити вплив людського фактору: Автоматизація стандартизує процес, роблячи висновки більш статистично достовірними та відтворюваними.

Такий розвиток методики перетворить її на потужний інструмент для автоматизованої мінералогічної класифікації.

Список використаної літератури:

1. J. Cuadros, M. Sánchez-Marañón, C. Mavris, S. Fiore, J. Bishop and M. Melgosa. "Color analysis and detection of Fe minerals in multi-mineral mixtures from acid-alteration environments." *Applied Clay Science*, 193 (2020): 105677. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2020.105677>.
2. Qi Gao, Teng Long and Zhangbing Zhou. "Mineral identification based on natural feature-oriented image processing and multi-label image classification." *Expert Syst. Appl.*, 238 (2023): 122111. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122111>.
3. T. Mengko, Y. Susilowati, R. Mengko and B. Leksono. "Digital image processing technique in rock forming minerals identification." *IEEE APCCAS 2000. 2000 IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems. Electronic Communication Systems. (Cat. No.00EX394) (2000): 441-444.* <https://doi.org/10.1109/apccas.2000.913531>.
4. Dan Margulis. *Professional Photoshop: The Classic Guide to Color Correction*, Fifth Edition. Peachpit Press, 2006. – 528 стор.