

Zastosowanie metody komputerowego przetwarzania i analizy obrazu w mikroskopowej analizie skał

Aleksandra Kozłowska*, Marta Kuberska*



A. Kozłowska

M. Kuberska

Komputerowa analiza obrazu jest to automatyczna metoda przetwarzania i analizowania wybranych obrazów zapisanych w systemie cyfrowym.

Analiza obrazu znajduje stopniowo coraz szersze zastosowanie w wie-

lu dziedzinach naszego życia, m.in.: w przemyśle, medycynie, biologii a także geologii, szczególnie w petrologii, geologii złożowej oraz sedimentologii (Ratajczak i in., 1998; 2005). W badaniach mikroskopowych skał stosowana jest głównie do celów geologii naftowej (Leśniak, 1999).

W przypadku skał słabo zwięzłych, o dużej lub bardzo dużej porowatości, klasyczne metody badań porowatości mogą zawodzić ze względu na zmianę porowatości próbki podczas wykonywania pomiaru. Mikroskopowa analiza obrazu dostarcza informacji o realnych wielkościach, kształtach i rozmieszczeniu badanych porów. W badaniu skał piroklastycznych komputerową analizę obrazu stosuje się w celu uzyskania informacji o wykształceniu, rozmiarach, rozmieszczeniu i orientacji cząstek popiołu wulkanicznego. Dane te są przetwarzane statystycznie i umożliwiają wnioskowanie odnośnie mechanizmu transportu i depozycji osadów (Capaccioni i in., 1997).

Zestaw aparaturowy do analizy obrazu, który znajduje się w Pracowni Petrologii Zakładu Geologii Regionalnej i Naftowej Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, składa się z mikroskopu polaryzacyjnego *Eclipse E600* firmy *Nikon*, kamery kolorowej *IKEGAMI 803 P*, komputera PC z procesorem *Pentium*, z zainstalowanym programem komputerowej analizy obrazu *Lucia G* firmy *Nikon*, monitora 19" *Samsung* oraz drukarki kolorowej *HP DJ 990 CXI* (ryc. 1).

Komputerowa analiza obrazu może być wykonywana zarówno na obrazach rzeczywistych, jak i zapisanych wcześniej w pamięci komputera. Program umożliwia również analizę zdjęć wprowadzonych do komputera ze skanera.

Do najważniejszych funkcji programu *Lucia G* należą (*Lucia Version 4.60, 2001; Lucia, 2001*):

□ *obraz* — obejmuje wprowadzanie, zapis, odczyt i wydruk obrazu;

□ *edycja* — dotyczy poleceń związanych z udostępnianiem obrazu;

□ *przekształcenia* — służy do przekształcania obrazu pod względem kontrastu i barw;

□ *przetwarzanie wstępne* — pozwala na obróbkę filtracyjną obrazu kolorowego;

□ *binary* — udostępnia filtry do modyfikacji obrazu binarnego (białe obiekty na czarnym tle);

□ *pomiary* — pozwala na automatyczne pomiary zaznaczonych obiektów przy użyciu funkcji definiowanie progu (HSI — odcień, nasycenie, intensywność) lub edytora binarnego albo za pomocą funkcji umożliwiającej obrysowanie obiektu ręcznie;

□ *referencje* — zarządza podręcznymi schowkami obrazu oraz funkcjami miksowania obrazu;

□ *makrodefinicja* — służy do tworzenia makroinstrukcji, tzn. powtarzania historii poleceń itp.;

□ *widok* — umożliwia wybór sposobu wyświetlania obrazu;

□ *pomoc* — służy do pomocy użytkownikom programu.

Do badań wykorzystuje się płytki cienkie polerowane, wykonane z próbek skał impregnowanych niebieską żywicą. Tak wykonane preparaty zachowują niezmienną strukturę i teksturę skały, a niebieska żywica zaznacza przestrzeń porową.

Analiza porów w różnego typu skałach była głównym przedmiotem jednego z tematów badawczych Państwowego Instytutu Geologicznego, mającego na celu wdrożenie metody komputerowego przetwarzania i analizy obrazu do badań petrologicznych (Kozłowska i in., 2004). Aby ustalić najbardziej odpowiednie parametry pomiarowe dla danego rodzaju próbki, badaniom poddano piaskowce, skały krzemionkowe, węglanowe i wulkaniczne. Wykonano tyle samo pomiarów porów w każdej próbce na obrazach zapisanych przy różnych powiększeniach obiektywów. Przy obiektywie 10 x wykonano pomiary na 20 i 15 obrazach, przy obiektywie 4 x na 15 i 10 obrazach, a przy obiektywie 2 x na 10 obrazach. Na podstawie wyników wykonanych analiz stwierdzono, że najbardziej wiarygodne i powtarzalne wartości pomiarów uzyskuje się stosując powiększenie obiektywu 10 x i wykonując pomiar na 15 obrazach (Kozłowska i in., 2004).

W analizie obrazu można wyróżnić 3 podstawowe elementy składowe: 1) przetwarzanie obrazu, 2) pomiary i 3) interpretację (analizę) wyników. Programy do analizy obrazu mają bardzo dużo procedur (algorytmów) przekształcania obrazów (Wojnar & Majorek, 1994; *Lucia Version 4.60, 2001*). Główne 4 grupy przekształceń to (Wojnar & Majorek, 1994): przekształcenia geometryczne (przesunięcia, obroty, odbicia, zniekształcenia), przekształcenia punktowe (modyfikują punkty niezależnie od tego, jakie jest ich sąsiedztwo), filtry (modyfikują punkty w zależności od ich otoczenia) i przekształcenia morfologiczne (modyfikują wybrane punkty, których otoczenie odpowiada wcześniej zmodyfikowanemu wzorcowi).

Przekształcenia umożliwiają wykonanie złożonych operacji związanych z analizą cząstek. Polegają one na usunięciu zbędnych szczegółów i przeprowadzeniu pomiarów na zgeneralizowanym obrazie lub na wzmocnieniu pewnych elementów obrazu, które są słabo widoczne. Do najważniejszych przekształceń należą: erozja, dyfuzja oraz otwar-

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: aleksandra.kozłowska@pgi.gov.pl; marta.kuberska@pgi.gov.pl



Ryc. 1. Aparatura do komputerowej analizy obrazu znajdująca się w Państwowym Instytucie Geologicznym. Fot. A. Kozłowska

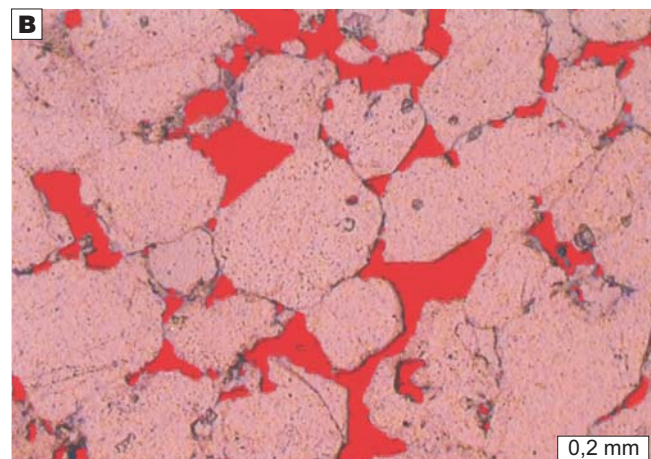
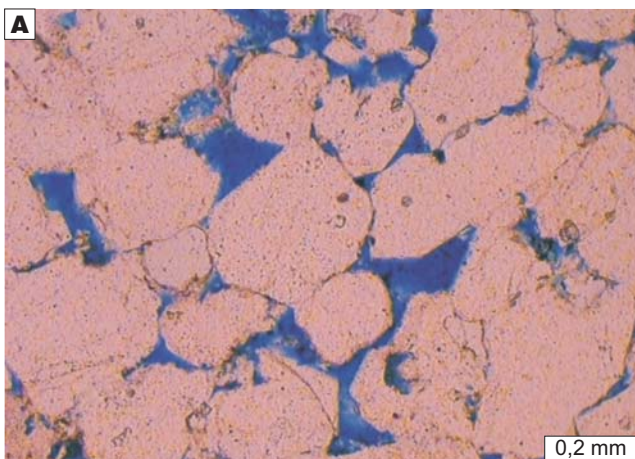
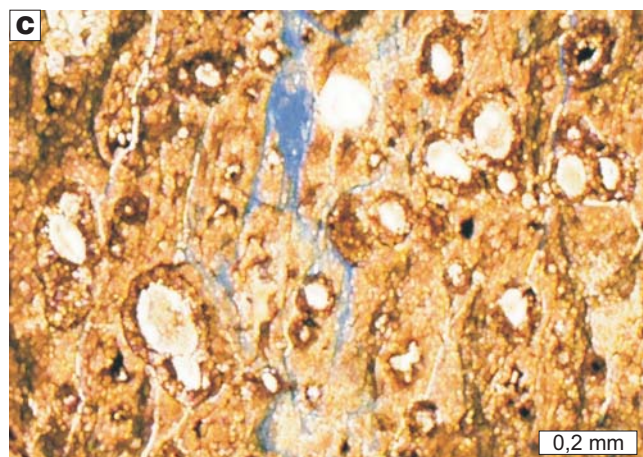
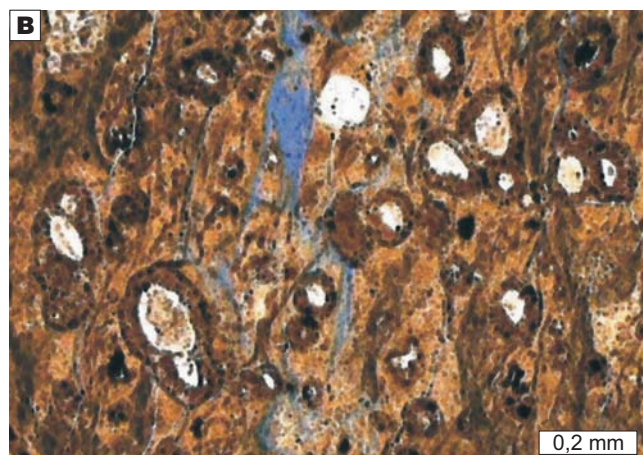
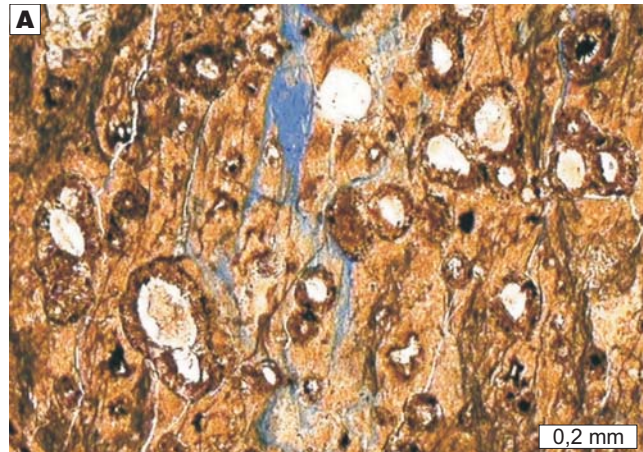
cie i zamknięcie (Wojnar & Majorek, 1994). Przekształcenie zwane erozją (filtr minimalny) eliminuje drobne szczegóły i wygładza brzeg figury (ryc. 2A i 2B). Dylatacja (filtr maksymalny) jest przekształceniem odwrotnym do erozji. Zamyka ona małe otwory i wąskie zatoki oraz łączy obiekty położone blisko siebie (ryc. 2A i 2C). Zarówno erozja, jak i dylatacja polegają na rozbiciu obrazu kolorowego na składowe RGB (czerwony, zielony, niebieski), wykonaniu przekształceń na każdej ze składowych, a następnie złożeniu z nich obrazu kolorowego. Istotną wadą tych przekształceń jest zmiana powierzchni przekształcanych obrazów — erozja ją pomniejsza, a dylatacja powiększa. Otwarcie i zamknięcie eliminują tę wadę. Przekształcenia te składają się z erozji i dylatacji, a różnią się jedynie kolejnością przekształceń składowych:

□ otwarcie = erozja + dylatacja (usuwa drobne obiekty i szczegóły),

□ zamknięcie = dylatacja + erozja (wypełnia wąskie wcięcia i zatoki wewnątrz obiektu).

→

Ryc. 2. Przykład obrazu mikroskopowego przed przekształceniem i po przekształceniach; **A** — obraz wyjściowy; **B** — obraz po zastosowaniu erozji; **C** — obraz po dylatacji. Fot. A. Kozłowska



Ryc. 3. Płytkę cienką wykonaną z próbki piaskowca impregnowanego niebieską żywicą; **A** — obraz mikroskopowy bez analizatora, kolor niebieski oznacza pory; **B** — obraz nałożony, przygotowany do wykonania pomiarów. Fot. A. Kozłowska

Operacje te nie zmieniają kształtu i wymiarów dużych obiektów o wyrównanym i gładkim brzegu (Wojnar & Majorek, 1994).

Po wykonaniu przekształceń zapisanych obrazów (w przypadku badania porów dotyczy to przekształcenia obrazu pod względem kontrastu i barwy) przystępuje się do pomiarów. W ramach prac prowadzonych w Państwowym Instytucie Geologicznym wykonywane są pomiary charakteryzujące przestrzeń porową skały (współczynniki kształtu służące do opisu badanych obiektów). Są to następujące parametry: obwód (wykorzystywana jest formuła Croftona), długość, szerokość, maksymalna średnica Fereta (maksymalna średnica w projekcji kątowej od 0 do 180°), minimalna średnica w projekcji kątowej od 0 do 180°), wydłużenie (stosunek Max Feret do Min Feret), kolistość, ekwiwalentna średnica, objętość ekwiwalentnego cylindra, objętość ekwiwalentnej kuli i średnia cięciwa (Leśniak, 1999; Lucia Version 4.60, 2001).

Stosując odpowiednie procedury przetwarzania kolorowych obrazów wykonuje się pomiary wybranych wartości i parametrów. Program komputerowej analizy obrazu *Lucia G* umożliwia pracę na obrazach kolorowych, binarnych i nałożonych. Przed rozpoczęciem analizy obrazu przy użyciu płytki z milimetrem wzorcowym należy wykonać kalibrację programu dla obiektywów stosowanych w mikroskopie. Wynika to z konieczności wprowadzenia do programu wzorców pomiarowych do wykonywania obliczeń. Aparatura do komputerowej analizy obrazu pozwala na szybkie wczytanie obrazów do pamięci komputera i tworzenie albumów obrazów. Rozpoczynając badanie jednej próbki najpierw zapisuje się wybraną liczbę jej obrazów, a następnie wykonuje na nich zaplanowane analizy. Takie postępowanie pozwala uśrednić otrzymane wyniki w przypadku próbek o niejednorodnym wykształceniu. W ramach prowadzonych prac analizowane są obrazy kolorowe, w których wykorzystywany jest standard RGB (*red-green-blue*), tworzący wszystkie kolory z trzech składowych: czerwonej, zielonej i niebieskiej.

Przed rozpoczęciem wykonywania pomiarów należy wyznaczyć pole pomiarowe. Jeżeli jest ono mniejsze od oglądanego obrazu, to trzeba zaznaczyć je ramką. Następnie definiuje się otwartą przestrzeń porową, co można przeprowadzić w dwojaki sposób:

□ za pomocą trzech składowych RGB;

□ znacznikiem (punkt lub punkty na obrazie) i następnie końcowe definiowanie za pomocą HSI (odcień, nasycenie, intensywność).

Drugi sposób postępowania pozwala na dokładniejsze definiowanie odcieni analizowanego koloru i unikanie pomyłek związanych m.in. z delikatnym rozmyciem zabarwienia żywicy na ziarnach detrytycznych (Leśniak, 1999). W efekcie uzyskiwany jest tzw. obraz nałożony, czyli na obrazie rzeczywistym tworzy się drugi obraz, złożony ze zdefiniowanego przez nas koloru (ryc. 3). Pomiary wyko-

nuje się na obrazie nałożonym. Jednak przed rozpoczęciem pomiarów definiuje się właściwości pola i obiektów, które będą mierzone. Następnie skanuje się zaznaczone pole i uzyskuje wyniki pomiarów zestawione wewnątrz *Danych pola* i *Danych obiektu*. Wyniki, otrzymane w formie pliku o rozszerzeniu .txt, przenosi się do arkusza kalkulacyjnego (*Excel*), gdzie poddaje się je statystycznym przeliczeniom. Wartość porowatości (w % obj.) uzyskuje się po uśrednieniu wyników z każdego pomierzonego obrazu w próbie. Wartości opisujące przestrzeń porową przedstawiane są w postaci rozkładu procentowego w zadanych przedziałach wielkości porów (w mm).

Podsumowanie

Wśród korzyści wynikających ze stosowania metody komputerowej analizy obrazu należy wymienić przede wszystkim: powtarzalność i odtwarzalność wyników analizy oraz jej obiektywizm, a także przyspieszenie pracochłonnych badań i rozszerzenie możliwości badawczych. W porównaniu z metodą planimetryczną metoda komputerowej analizy obrazu znacznie rozszerza możliwości badania przestrzeni porowej skały w płycie cienkiej. Stosując tę metodę można scharakteryzować przestrzeń porową badanej próbki skalnej, uzyskując informacje o wielkości, kształcie i rozmieszczeniu porów. Umożliwia ona wyróżnienie w skałach zbiornikowych odmian makroporowych, o dobrych zdolnościach filtracyjnych, oraz odmian mikroporowych, zdolnych do magazynowania węglowodorów. Przy wprawnym jej stosowaniu może znacznie przyspieszyć wykonywaną pracę.

Literatura

- CAPACCIONI B., VALENTINI L., ROCCHI M. B. L., NAPPI G. & SAROCCHI D. 1997 — Image analysis and circular statistics for shape-fabric analysis: application to lithified ignimbrites. *Bull. of Volcanology*, 58: 501–514.
- KOZŁOWSKA A., JACKOWICZ E., KUBERSKA M., POŁOŃSKA M. & WOŁKOWICZ K. 2004 — Wdrożenie metody komputerowego przetwarzania i analizy obrazu w mikroskopowej analizie skał. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*
- LEŚNIAK G. 1999 — Zastosowanie komputerowej analizy obrazu w badaniach petrofizycznych. *Prz. Geol.*, 47: 644–651.
- LUCIA Version 4.60 2001 — User's Guide, System for Image Processing and Analysis. Laboratory Imaging.
- LUCIA 2001 — Skrócony opis funkcji i podstawowych czynności obsługi programu komputerowej analizy obrazu Lucia. Precoptic Co., Warszawa.
- RATAJCZAK T., MAGIERA J., SKOWROŃSKI A. & TUMIDAJSKI T. 1998 — Ilościowa analiza mikroskopowa skał. *Skrypty Uczelniane 1534*. Wydawnictwa AGH, Kraków.
- RATAJCZAK T., GODYŃ K. & SZYDŁAK T. 2005 — Zastosowanie metod stereologicznych i analizy obrazu do opisu strukturalno-teksturalnego wybranych odmian skał. *Pr. Spec. Pol. Tow. Mineral.*, 27, Wyd. Naukowe AKAPIT, Kraków.
- WOJNAR L. & MAJOREK M. 1994 — Komputerowa analiza obrazu. Fotobit Design, Kraków.

Praca wpłynęła do redakcji 12.05.2006 r.
Akceptowano do druku 23.06.2006 r.