



**Pracownia Mikromerytyki**

**STRESZCZENIE**  
**ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

*Badanie właściwości strukturalnych i petrograficznych węgla  
w aspekcie zagrożenia metanowego przy wykorzystaniu metod analizy  
obrazu i sztucznych sieci neuronowych*

**Autor:** mgr inż. Marta Skiba

Kraków, 2018

---

Badanie właściwości strukturalnych i petrograficznych węgla kamiennego jest niezwykle istotne z punktu widzenia powiązania wymienionych cech z jego właściwościami technologicznymi oraz gazowymi. Obok aspektu czysto naukowego, tego typu pomiary odgrywają znaczącą rolę praktyczną w przemysłowym wykorzystaniu surowca. Stosowane są powszechnie do oceny węgla z punktu widzenia jego zastosowania w procesie koksowania. Analizy te znajdują także zastosowanie w kopalniach, do monitorowania jakości produktu oraz wykrywania i identyfikacji zanieczyszczeń. Ponadto, autorzy prac poświęconych problematyce zagrożenia metanowego w podziemnych kopalniach węgla kamiennego sugerują, że wewnętrzna budowa węgla, możliwa do obserwacji wyłącznie pod mikroskopem, może wykazywać pewne cechy (takie jak: obecność spękań, struktur kataklastycznych czy mylonitycznych), które wpływają na zwiększoną pojemność gazową oraz wskazują na pokład szczególnie zagrożony zjawiskami gazogeodynamicznymi.

Wśród metod stosowanych w celu wyznaczenia parametrów stereologicznych największe znaczenie mają metody analizy punktowej oraz liniowej. Pomiary te wykonywane są najczęściej w sposób nieautomatyczny, są czasochłonne, a przez to uciążliwe dla obserwatorów przeprowadzających analizy. Podczas wykonywania tego typu pomiarów kluczową kwestią jest poprawne oraz powtarzalne rozpoznanie poszczególnych składników węgla. Z uwagi na ogromne zróżnicowanie jego cech petrograficznych, będące efektem odmiennej genezy poszczególnych składników, zadanie to często przysparza wielu trudności, nawet petrografom z długoletnim doświadczeniem. Różnice dotyczące wyników analiz przeprowadzonych przez różnych petrografów są często znaczące. Badacze wskazują na duży wpływ czynnika subiektywnego podczas ich przeprowadzania oraz potrzebę obiektywizacji analiz.

Celem pracy było wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych oraz metod komputerowej analizy obrazu do opracowania automatycznej, uniwersalnej i powtarzalnej metodyki, umożliwiającej identyfikację na obrazach mikroskopowych grup macerałów, poszczególnych macerałów węgla kamiennego, a także klasyfikację węgla odmienionego strukturalnie ze stref przyuskokowych. Klasyfikacja wymienionych cech prowadzona była wyłącznie na bazie wiedzy, jaką komputer uzyskał na podstawie przykładowych zdjęć mikroskopowych oraz informacji o ich zawartości.

### **W ramach prac sformułowano następujące tezy badawcze:**

1. Identyfikacja grup macerałów oraz wybranych macerałów węgla kamiennego na obrazach mikroskopowych może być przeprowadzona przy użyciu sztucznych sieci neuronowych wspartych metodami automatycznej analizy obrazów cyfrowych.
2. Metody sztucznych sieci neuronowych w połączeniu z metodami przetwarzania obrazów są przydatne do opisu struktury węgla odmienionego ze stref przyuskokowych, co jest istotne z punktu widzenia profilaktyki przeciwwyrzutowej w kopalniach podziemnych.
3. Sztuczne sieci neuronowe stanowią mogą narzędzie wspomagające mikroskopowe analizy petrograficzne węgla kamiennego oraz weryfikujące subiektywne decyzje obserwatora.

W opinii Autorki osiągnięcie pozytywnych rezultatów badań może dostarczyć interesujących wniosków dla szerokiego grona odbiorców specjalizujących się zarówno w zagadnieniach związanych z geologią i górnictwem, jak również w dziedzinach przetwarzania i analizy obrazu oraz szeroko pojętej sztucznej inteligencji.

Prezentowana praca rozpoczyna się od wprowadzenia do podejmowanej problematyki oraz szczegółowego omówienia zagadnień dotyczących petrograficzno – strukturalnego opisu węgla kamiennego. Zawarto w nim opis grup macerałów oraz macerałów grupy inertynitu, metodykę prowadzenia analiz, a także klasyfikację oraz charakterystykę węgla odmienionego strukturalnie ze stref przyuskokowych. Następnie dokonano opisu metod analizy i przetwarzania obrazu oraz sztucznych sieci neuronowych, które zostały wykorzystane podczas klasyfikacji rozpatrywanych cech petrograficznych oraz strukturalnych węgla.

Jako wprowadzenie do części praktycznej pracy doktorskiej oraz uzasadnienie celowości planowanych badań przeprowadzono porównawcze analizy manualne grup macerałów. Przeanalizowano wpływ czynnika subiektywnego podczas przeprowadzania tego typu pomiarów, a uzyskane rezultaty wskazały na potrzebę poszukiwania nowych, automatycznych systemów pomiarowych, bazujących na metodach sztucznej inteligencji.

W kolejnych rozdziałach pracy zaproponowano autorskie algorytmy automatycznej klasyfikacji grup macerałów, macerałów grupy inertynitu oraz struktur odmienionych węgla kamiennego za pomocą wybranych klasyfikatorów neuronowych (sieć MLP, RBF oraz samoorganizująca sieć Kohonena - SOM). Dla każdego z omawianych zagadnień

klasyfikacyjnych dokładnie opisano badany materiał, dobór parametrów opisujących analizowane obrazy, badania dotyczące wyboru optymalnego modelu neuronowego, a także porównanie skuteczności zastosowanych sieci neuronowych w klasyfikacji rozpatrywanych obiektów.

Końcowym etapem prac było wykorzystanie opracowanej metodyki klasyfikacji do badań dotyczących wpływu składu petrograficznego na wybrane parametry sorpcyjne węgla, które bezpośrednio wpływają na stan zagrożenia metanowego i wyrzutowego w kopalniach podziemnych węgla kamiennego. Analizy rozpoczęto od przeprowadzenia separacji grawitacyjnej w cieczach ciężkich, celem wydzielenia z jednego typu węgla próbek o różnych gęstościach i odmiennym składzie petrograficznym. Następnie przeprowadzono klasyfikację grup macerałów oraz materii nieorganicznej z wykorzystaniem opracowanego, automatycznego systemu klasyfikacji rozpatrywanych struktur, bazującego na metodach sztucznej inteligencji. Uzyskane wyniki zestawiono z wybranymi parametrami sorpcyjnymi węgla (pojemność sorpcyjna –  $a_m$  oraz efektywny współczynnik dyfuzji -  $D_e$ ) oraz wyznaczono współczynniki korelacji między nimi.

W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano wysoką skuteczność zastosowanych sieci neuronowych w klasyfikacji analizowanych grup obiektów. Dla każdego z rozpatrywanych zadań klasyfikacyjnych uzyskano rezultaty znacznie przekraczające 90% poprawnych rozpoznań. Pozwala to wnioskować, że zaproponowana metodyka (zwłaszcza modele neuronowe uczone w trybie nadzorowanym), może być z powodzeniem stosowana jako narzędzie wspierające decyzje obserwatora dotyczące petrograficzno – strukturalnego opisu węgla kamiennego. Z uwagi na jego powiązanie z właściwościami sorpcyjnymi węgla, przeprowadzone badania mogą także stanowić pewien przyczynek do kompleksowej analizy stanu zagrożenia metanowego i wyrzutowego w kopalniach węgla kamiennego.