

Kraków, dn. 30.06.2020

mgr inż. Magdalena Habrat
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. S. Staszica w Krakowie

Szanowny Pan
dr hab. Janusz Jurek, prof. UJ
Uniwersytet Jagielloński

Odpowiedź na recenzję rozprawy doktorskiej

Szanowny Panie Profesorze, bardzo dziękuję za ocenę mojej pracy doktorskiej, pozytywne opinie, jak również zawarte uwagi krytyczne. Stanowią one istotne wskazówki, służące poprawie jakości realizowanych przeze mnie przyszłych prac badawczych. Poniżej zamieszczam odpowiedzi i komentarze na postawione przez Pana pytania oraz uwagi zamieszczone w recenzji.

Uwaga 1:

„W rozdziale trzecim zamieszczono analizę metod wyszukiwania obrazem dla mikroskopowych obrazów skał wykonaną w oparciu o pewien określony zbiór testowy obrazów skał (90 cyfrowych obrazów mikroskopowych przedstawiających 9 rodzajów skał). Ten zbiór testowy został opisany w sekcji 3.1, a w załączniku do pracy przedstawiono kolorowe ilustracje każdej skały ze zbioru testowego. Zabrakło jednak tutaj szerszej dyskusji odnoszącej się do reprezentatywności zbioru testowego i zasad doboru do niego rodzajów skał. Uważam, że warto byłoby taką dyskusję przeprowadzić również w kontekście problemu wykazanego w dalszej części pracy, czyli możliwej wizualnej niejednorodności w obrębie jednego typu skały.”

Odpowiedź:

Zgadzam się z powyższą uwagą, iż w pracy zabrakło wyjaśnienia dotyczącego reprezentatywności analizowanych obrazów. Analizowane obrazy pozyskane zostały dzięki wykorzystaniu (w większości wypadków, poza rozdziałem 4.3.1) mikroskopu polaryzacyjnego do światła przechodzącego.

Do stworzenia zbioru zdjęć wykorzystałam istniejące preparaty z katedr: KSE, KMPiG i KGiIS oraz IMG PAN. W dużej części były to preparaty dydaktyczne służące do nauki studentów rozpoznawania skał i minerałów. Część preparatów powstała do realizacji konkretnych projektów badawczych. Zostały one wybrane w wyniku konsultacji z petrografami i mineralogami. W większości zawierały one „wzorcowe” skały i ich wykształcenia. Dobór skał determinowany był różnorodnością ich tekstury i struktury (tj. dążyłam do uzyskania jak największego zbioru skał o różnych stopniach uziarnienia). Preparaty te poddałam zobrazowaniu z losowym przesunięciem. W efekcie tego uzyskałam obrazy różnych części danego szlif. Procedura powtarzana była dla około 40 szlifów cienkich różnych skał. Na każdym preparacie wybrano kilkanaście różniących się miejsc. O ile w analizach ilościowych zaleca się stały krok przesuwu, o tyle tu, by ograniczyć liczebność zbioru zdjęć

(a tym samym czasochłonność obliczeń) skupiłam się na wybranych losowo miejscach dla różnych konfiguracji polaryzatorów, rotacji i powiększeń.

Uwaga 2:

„W rozdziale czwartym rozprawy przedstawiono opis pięciu przykładów wyszukiwania obrazem dla zastosowań geologicznych. Rozdział ten oceniam wysoko - uważam, że Autorka wykazała możliwą przydatność proponowanych metod. Osiągnięte wyniki są na tyle zachęcające, że moim zdaniem warto byłoby zamieścić komentarze dotyczące aspektu „wdrożeńowego” proponowanych metod w konkretnych aplikacjach związanych z przedstawionymi zastosowaniami. Rozumiem tutaj przygotowanie krótkiego opisu - najlepiej po konsultacjach ze specjalistami dziedziny - działań, jakie zdaniem Autorki jeszcze należałoby wykonać, aby praktycznie wdrożyć i rozpowszechnić te metody w przypadku rzeczywistych, konkretnych aplikacji. Autorka zamieszcza pewien opis tego typu jedynie w przykładzie „wyszukiwania obrazem podobnych wizualnie warstw geologicznych w otworze wiertniczym z wykorzystaniem zapisu kamery introskopowej”. Akurat w tym przypadku jednak potrzebne są dalsze badania podstawowe w celu osiągnięcia wyższej efektywności analizy, zatem jeszcze jest nieco za wcześnie, aby rzetelnie odnieść się do aspektu wdrożeńowego”

Odpowiedź:

Dziękuję za pozytywną ocenę pracy pod kątem prezentacji możliwych zastosowań geologicznych. Istotnie praca skupia się głównie na analizie przydatności wybranych metod cząstkowych i ich skuteczności dla danych geologicznych, a temat praktycznego wdrożenia oraz analizy wymagań potencjalnego produktu, bazującego na metodyce odwrotnego wyszukiwania obrazów został tutaj pominięty.

Podczas przygotowywania pracy, próbowałam dokonać wstępnego rozpoznania rynku narzędzi, jakie są wykorzystywane w dziedzinie geologii (na przykładzie obserwacji pracy specjalistów z Polskiej Akademii Nauk (np. Instytutu Mechaniki Górotworu), pracowników naukowych (np. Katedry Surowców Energetycznych, Mineralogii lub Geofizyki). W większości wypadków, osoby zajmujące się analizą obrazów w geologii, wykorzystywały wybrane przekształcenia obrazu w celu rozwiązania bardzo specyficznego przypadku naukowego (np. pomiar ilościowy konkretnego złoża, a następnie weryfikacje poprawności tych wyników metodami predykcji geostatystycznej). W takich przypadkach analizy wykonywane były zwykle na lokalnych zbiorach dla dedykowanego przypadku. Wykonując badania, zaprezentowane w tej pracy, jednym z moich rozważanych scenariuszy wynikowych, była metodyka pozwalająca w sposób w pełni automatyczny dokonywać analiz geologicznych na mikroskopowych obrazach skał. Wizja ta spotkała się z pozytywnym odbiorem wśród specjalistów dziedziny, jednak wyraźnie podkreślali oni trudności, jakie mogą pojawiać się podczas próby realizacji takiego celu. Wśród kamieni milowych, jakie powinny zostać osiągnięte podczas realizacji takiego rozwiązania wymieniano na przykład:

- mnogość i różne scenariusze wykonywanych analiz obrazów mikroskopowych, (np. pomiary ilościowe/planimetryczne, jakościowe, ocena tekstury i struktury skały w rozumieniu geologicznym, ocena spoiwa skały, ocena porowatości, ocena spękań itp.) oraz różne scenariusze ich wykonania. Wspólnym problematycznym etapem, dla wszystkich tych analiz, jest uzyskanie poprawnej segmentacji obrazu mikroskopowego w sposób automatyczny. Nie jest znany dotychczas żaden uniwersalny algorytm, potrafiący bezbłędnie dokonać segmentacji różnych obrazów skał. Mając ten problem na uwadze, w pracy zaprezentowałam wyniki badań nad ustaleniem takiego algorytmu. Dla potrzeb odwrotnego wyszukiwania obrazów, ostatni prezentowany algorytm wydaje się spełniać podstawową potrzebę segmentacji, jednak należy podkreślić, iż nie odwzorowuje on struktury w sposób bezbłędny.

Zatem podczas próby komercjalizacji, polecałabym używać go np. do wstępnego grupowania obrazów, lecz w przypadku implementowania dziedzinowych funkcjonalności (jak np. wykonanie specjalistycznej analizy) należałoby wprowadzić dedykowane algorytmy. Oczywiście analizując wymagania funkcjonalne można przewidzieć obsługiwane typy danych oraz zaimplementować dedykowane algorytmy dla konkretnych funkcjonalności. Nie mniej jednak, uważam, iż jest to bardzo istotny czynnik na jaki należy zwrócić uwagę;

- odmienną wizualną reprezentację tego samego obiektu dla różnych parametrów akwizycji lub typów urządzeń. Treść mikroskopowego obrazu tego samego obiektu skały determinowana jest czynnikami akwizycji obrazu – różni się w zależności od stosowanego powiększenia, wykorzystania światła przechodzącego lub polaryzacji. Różnice często te są bardzo znaczące, wówczas wykorzystanie podstawowych parametrów niskiego rzędu wydaje się zupełnie niewystarczające. W pracy wykazałam przydatność stosowania metod detekcji lokalnych cech obrazów, jednak warto podkreślić, iż mogą zdarzyć się przypadki zupełnej odmienności wizualnej obrazów (między innymi dlatego badania obrazów są często uzupełniane innymi badaniami np. chemicznymi lub dyfrakcją rentgenowską). Nie mniej jednak, dążąc do wdrożenia takiego produktu (bazującego na wyszukiwaniu odwrotnym) oraz dbając o poprawność wyników, sugerowałabym ścisłą współpracę z ekspertami dziedzinowymi oraz wzbogaciła takie rozwiązanie o elementy np. regułowych systemów ekspertowych. Przygotowana baza wiedzy (możliwa do zdefiniowania przy współpracy ze specjalistami) mogłaby być wykorzystywana do sterowania i decydowania o tożsamości obiektów. Podkreślam jednak, iż w moim odczuciu jest to zadanie nietrywialne, lecz bardzo ciekawe także pod kątem naukowym i mogące przyczynić się do rozwoju skutecznego i wykorzystywanego produktu;
- ochronę danych i współdzielenie utworów / praw autorskich do danych; często wspominanym problemem, jest kwestia dzielenia zasobów pomiędzy (często konkurującymi) firmami. Zobrazowania skalne, często wykorzystywane są w obszarach zasobności złożowej i poddane są ścisłej tajemnicy. Może to być zdecydowanym utrudnieniem, podczas popularyzacji rozporoszonej i współdzielonej bazy danych. Nie stanowi to jednak ograniczenia z technicznego punktu widzenia, a czysto prawnego i ekonomicznego. Wzorując się na ścieżce rozwoju systemów ogólnodostępnych (np. do wyszukiwania obrazów) można otworzyć się na tematykę budowy wzorcowej bazy danych uczących (na wzór MIST) oraz uzyskać dostęp do nadzorowanego wyszukiwania, co z pewnością zwiększyłoby jakość wyszukiwania. Jest to temat, choć bezpośrednio związany z ochroną danych, to jednak bardzo obszerny. Można go podsumować, iż z technicznego punktu widzenia nie wydaje się by istniały duże czynniki blokujące, a realizacja wymagań powinna odpowiadać potrzebom interesariuszy.

Ciekawym spostrzeżeniem, jakim mogę się podzielić jest wymaganie odbiorców systemu analizy geofizycznych danych tomograficznych, jaki miałam przyjemność współtworzyć w ciągu kilku ostatnich lat. System ten został skomercjalizowany i jest dystrybuowany do specjalistycznych ośrodków badawczych. W dużym przybliżeniu produkt ten dokonuje analizy treści obrazu trójwymiarowego pod zadanym kątem w obszarze pozyskiwania wiedzy na temat nośności złożeniowej czerwonych spągowców. Specyficzna domena tego oprogramowania pozwoliła nam jako zespołowi wytwórczemu dotrzeć do klientów, pomimo bardzo silnej konkurencji takich systemów jak np. Avizo. Podczas etapu analizy wymagań niefunkcjonalnych, w oczywisty sposób poruszane były kwestie wydajności takiego systemu. Ku naszemu zaskoczeniu klient wyraźnie akceptował wymagane czasy analizy (pojedynczej próbki) rzędu kilkudziesięciu minut, co wydaje się nieakceptowalne w dobie aktualnego masowego przetwarzania informacji i obycia społeczeństwa z szybkimi systemami informatycznymi. Złożoność ta wynikała oczywiście z wielu operacji przetwarzania na bardzo dużych

próbkach (np. próbki rdzeni wiertniczych nierzadko osiągają rozmiary mierzone w GB). Pomimo tego doświadczenia z akceptacją takich (wydaje się długich) czasów wykonania w komercyjnej aplikacji, uważam iż tematyka wydajności czasowej i szybkości odpowiedzi potencjalnego rozwiązania odwrotnego wyszukiwania grafiki w zastosowaniach geologicznych jest bardzo istotnym elementem, który należało by wnikliwie zbadać w celu ustalenia optymalnej architektury potencjalnego systemu informatycznego.

Podsumowując, uważam iż możliwe jest wdrożenie takiego rozwiązania, lecz poza standardowymi wyzwaniem wdrożeniowymi (np. pozyskanie środków, budowa zespołu, znalezienie odbiorców itp.) należy mieć na uwadze merytoryczne kamienie milowe, jakie zostały wymienione wyżej.

Mam nadzieję, że przedstawione odpowiedzi pozwalają wyjaśnić mój punkt widzenia w zakresie uwag krytycznych i przyczynią się do lepszego zrozumienia mojej wizji przeprowadzonej pracy. Bardzo dziękuję za poświęcony czas, wszelkie cenne uwagi, które pozwalają obiektywniej spojrzeć na pracę.

Łączę wyrazy szacunku,

Magdalena Habrat