

Kraków, dn. 30.06.2020

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

**Szanowna Pani**  
**dr hab. inż. Anna Fabijańska, prof. PŁ**  
**Politechnika Łódzka**

Odpowiedź na recenzję rozprawy doktorskiej

Szanowna Pani Profesor, bardzo dziękuję za wnikliwą ocenę merytoryczną i redakcyjną 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 Panią pytania oraz uwagi zamieszczone w recenzji.

Uwaga A:

*„Uważam, że tytuł rozprawy nie jest dobrze sformułowany. W szczególności powinien on bardziej jednoznacznie wskazywać na oryginalne osiągnięcia Autorki, a nie sugerować, że praca jedynie ocenia przydatność istniejących metod CBIR. Ponadto druga teza rozprawy wydaje mi się dość oczywista.”*

Odpowiedź:

Zgadzam się z Panią Recenzent, że tytuł nie wskazuje w pełni przedstawionych badań. Podczas przygotowywania opisu pracy, miałam na uwadze możliwość jej wykorzystania przez osoby specjalizujące się nie tylko w obszarze informatyki, lecz także geologii lub geoinformatyki. Z tego powodu, druga teza, miała być motywacją dla szczegółowego zaprezentowania wpływu, jaki może mieć dobór deskryptorów obrazów w prezentowanej metodyce.

Uwaga B:

*„Rozprawa jest w mojej ocenie zbyt obszerna, a przedstawione analizy - zbyt drobiazgowe. Zrealizowane prace oraz ich wyniki można by przedstawić w sposób dużo bardziej syntetyczny, bez istotnej straty dla wartości naukowej rozprawy. Przykładowo, część poświęcona analizie rozkładu wartości poszczególnych deskryptorów obrazu pod kątem ich zdolności do samodzielnego separowania skał względem ich przynależności geologicznej (por. Rozdz. 3) powiela wnioski uzyskane w drodze klasteryzacji obrazów skał pod kątem ich podobieństwa względem wybranych cech. Można by także zrezygnować ze szczegółowych rozważań dot. wykorzystania do segmentacji konglomeratów*

*metodami k-średnich oraz MSER w sytuacji, gdy nie odwzorowują one wszystkich istotnych obiektów obrazu.”*

Odpowiedź:

Zgadzam się z powyższą uwagą, że praca jest obszerna, a przeprowadzone analizy drobiazgowo opisane. Podczas przygotowywania treści rozprawy, mając do dyspozycji szczegółowe wyniki (będące efektem testowania i rozwoju nowych w tym obszarze metod) zależało mi, na możliwie dokładnej syntezie i opisie krokowym realizowanych scenariuszy i analizowanych metod. Mam pełną świadomość, iż zaprezentowane efekty mogą być trudne w szybkim oglądzie (szczególnie, iż efekty przedstawiono głównie w formie tabelarycznej w 54 tabelach i jak poniżej wskazano w niekiedy nieprecyzyjnym opisie słownym). Mam nadzieję, że obszerne opisy wyników nie będą zniechęceniem dla odbiorców.

Istotnie rozdziały dotyczące analizy metod wykorzystanych w etapach parametryzacji obrazu oraz ustalania podobieństwa zawierają powielane scenariusze. Zależało mi jednak aby rozdział 3 był niejako spójny pod kątem realizowanej strategii, stąd zdecydowałam się na zastosowanie tej samej procedury wizualizacji wyników. Zgadzam się, że prezentacja metod, które skutkują mniej efektywnymi wynikami w drodze podsumowania pracy może wydawać się zbędna, szczególnie dla osób specjalizujących się w tym temacie. Celem prezentacji efektów tych metod, było przedstawienie czytelnikowi ścieżki badań (także z nie zawsze zadowalającymi wynikami końcowymi). Mam jednak nadzieję, iż w przypadku zainteresowania tematem, potencjalny odbiorca treści rozprawy, odczyta przekazywane prze mnie intencje i znajdzie odpowiednie szczegółowe wyniki w relatywnych zestawach wyników.

Uwaga C:

*„Z drugiej strony, Autorka jest dość oszczędna w słowach, przedstawiając sposób działania swoich metod. Zdarzają się fragmenty, w których tekst rozprawy jest mało precyzyjny, i nie do końca jednoznaczny. Przykładowo:*

- *s. 19: czym są sumy pikseli – liczbą pikseli, czy sumą ich wartości?*
- *czym jest jednostkowa erozja morfologiczna (Algorytm 2.3.3)?*
- *s. 102: czym jest opis metod praktycznych przykładów wyszukiwania?*
- *s. 109: czym jest bezwzorcowa klasyfikacja k-nn?*
- *s. 111: co rozumiemy przez niewielką (np. dziesięciokrotną) redukcję treści obrazu?*
- *s. 149: czym jest zwiększenie rezultatów grupowania obrazów?*
- *rozdział 3.2.1 i następne: jak rozumiem, wizualizacja deskryptorów oznacza raczej wizualizację rozkładu wartości deskryptorów;*
- *rozdział 3.4.1. jak podzielić 255 poziomów jasności na 161 zakresów barw?*

*Część ww. (i podobnych) niejednoznaczności Autorka mogłaby wyeliminować zastępując słowny opis procedur, bardziej formalnym i precyzyjnym opisem matematycznym.”*

Odpowiedź:

Wszystkie powyższe uwagi są w pełni uzasadnione i wymagają doprecyzowania. Wynikają one niestety z niepotrzebnie zaistniałych i wprowadzonych przeze mnie do pracy skrótów myślowych, np.:

- sumy pikseli w akapicie b) odnoszą się oczywiście do sumy liczby pikseli (jak zostało wspomniane w akapicie a) proponowanej metody detekcji informacji ilościowej na temat zakresów barwnych obrazu;

- przez jednostkową erozję morfologiczną, rozumiałam wykonanie pojedynczej operacji erozji morfologicznej, wystarczająco małym elementem strukturalnym by spowodować zmniejszenie obrazu. W przypadku tej pracy była to maska kwadratowa o rozmiarze 3x3 piksele;
- „opis metod praktycznych przykładów wyszukiwania” dotyczył opisu metod wykorzystanych w prezentowanych w tej części pracy praktycznych scenariuszach wyszukiwania obrazem w zastosowaniach geologicznych;
- przez skrót myślowy „bezwzorcowa klasyfikacja k-nn” miałam na myśli wykorzystanie algorytmu *k* najbliższych sąsiadów, dla danych wejściowo nieznanymi, czyli porównaniu wartości zmiennych objaśniających dla danej obserwacji z wartościami tych zmiennych dla każdej nowej obserwacji w analizowanym zbiorze;
- „niewielka (np. dziesięciokrotną) redukcję treści obrazu” jest również niewyjaśnionym precyzyjnie nieformalnym określeniem; celem było przedstawienie informacji, że w przypadku manualnego ustalania spójnych obszarów obrazu (pod kątem barwy), można wykorzystać niewielką redukcję treści, czyli ustalić 10 razy mniej barw wynikowych niż wejściowych poziomów szarości (np. dla przypadku obrazu o zakresie poziomów szarości 0-80, ustalić 8 klastrów barw wynikowych);
- określenie „zwiększenie rezultatów grupowania obrazów” odnosi się oczywiście do zwiększania poprawności efektów działania metod grupowania;
- w pełni zgodnie z uwagą Pani Recenzent nadmieniam, że określenie „wizualizacja deskryptorów” powinno być sformułowane jako „wizualizację rozkładu wartości deskryptorów”;
- w prezentowanej uwadze przedstawiono miejsce w pracy (rozdział 3.4.1), gdzie istotnie wykorzystywano wcześniej wprowadzoną (w rozdziale 2.4.1) procedurę wyznaczania liczby zakresów barwnych. Brak bezpośredniego powołania się na tą definicję, może sugerować, że wykorzystano bezpośredni iloraz wartości 255 i  $x$  otrzymując 161 zakresów barwnych. Wówczas niejasne staje się pochodzenie wartości  $x$ ; W rozdziale 2.4.2 (p.2) przedstawiono słowny opis procedury wyznaczania deskryptora cech barwy, która sprawdza jaka jest wartość ilorazu: maksymalnego poziomu szarości (np. 200) i liczby zakresów barwnych jakie będą analizowane (np. 5); Iloraz ten staje się rozpiętością zakresu poziomu szarości, do którego przyporządkowywane są poszczególne piksele obrazu, a następnie zliczana jest liczba pikseli jaka mieści się w danym zakresie (np. 0-40 pikseli). Liczba przyporządkowanych pikseli do danego zakresu staje się elementem wektora cechy. Zgadzam się z Panią Recenzent, że we wskazanym miejscu wystąpił zbyt lapidarny opis i wyraźnie podkreśliłam mój błąd w postaci braku odniesienia do wyjaśnienia tej procedury;

Uwaga D:

*„Autorka zdaje się błędnie rozumieć pojęcie (i efekt działania) binaryzacji obrazu. W sytuacji, gdy efektem binaryzacji jest obraz zawierający dwie klasy, Autorka stosuje to pojęcie w odniesieniu do obrazu wynikowego zawierającego kilka klas. Przykładowo na str. 113 wspomina: „W celu binaryzacji wyżej zaprezentowanych mozaik dokonać ich klasteryzacji w nawiązaniu do liczby głównych dominujących barw. Pozwoli to wyłuskać informacje nt. liczby prawdopodobnych, najbardziej charakterystycznych skupień barw na obrazie mozaiki”. Podobnie w podpisie Rys. 4.11, Autorka wspomina o binaryzacji progowej barw mozaiki w sytuacji, gdy prezentowany wynik zawiera kilka klas.”*

Odpowiedź:

Niestety, podobnie jak w powyższej odpowiedzi (do uwagi C), muszę z przykrością podkreślić tutaj zastosowany skrót myślowy. Oczywiście proces binaryzacji prowadzi tylko i wyłącznie do uzyskania

obrazu o wartościach logicznych (*prawda, fałsz*) dla zadanego kryterium, co stanowi krok pośredni w uzyskaniu obrazów pomocniczych, możliwych do wykorzystania kolejno do innych operacji (np. procedury zliczenia niezależnych konglomeratów skał, uzyskania granic pomiędzy konglomeratami skał itp.). Podobnie w przytoczonym podpisie, procedura binaryzacji była wykorzystana tylko w jednym z kroków procedury – zatem podpis ten może wprowadzać w błąd, za co przepraszam zarówno Panią Recenzent jak i potencjalnych czytelników pracy.

Uwaga E:

*„Przeprowadzając eksperymenty w różnych scenariuszach wyszukiwania, Autorka manipuluje formami reprezentacji obrazów (skala szarości/barwy), przestrzeniami barw, zestawami deskryptorów wykorzystanymi do opisu treści obrazu, oraz miarami podobieństwa w taki sposób, aby uzyskać jak najlepszy rezultat wyszukiwania w danym scenariuszu. Jest to działanie właściwe w czasie rozwoju i testowania nowych metod. Jednakże w rzeczywistych scenariuszach tego typu podejście jest mało praktyczne. Dlatego wg. mnie w rozprawie zabrakło pewnego usystematyzowania wyników, oraz konkluzji w postaci wyraźnych rekomendacji dot. ustawień parametrów w oparciu, o które należałoby dokonywać wyszukiwanie odwrotne zobrazowań geologicznych.”*

Odpowiedź:

Obszar danych geologicznych niestety nie jest jeszcze tak dokładnie przebadany pod kątem wykorzystania metod ekstrakcji wiedzy z obrazów, jak inne dziedziny nauki (np. medycyna). Jednym z celów tej pracy, było przygotowanie opisu / zestawienia wpływu różnych metod składowych opisywanej procedury nienadzorowanego wyszukiwania obrazem. W trakcie prowadzenia badań, weryfikowałam różne konfiguracje parametrów, istotnie dążąc do jak najlepszego wyniku. Podkreślałam jednak, że poszukiwanie jak najlepszego efektu nie miało na celu pozornego zwiększania wartości weryfikowanych lub opracowywanych metod (w pracy ujęłam też mniej skuteczne/chlubne opracowane przeze mnie metody), a jedynie poszukiwanie istotnych czynników mogących wpływać na zwiększenie jakości wyszukiwania. Zgadzam się z uwagą, że w pracy brakuje jednoznacznej rekomendacji w zakresie ustawień parametrów, a skupiłam się jedynie na ogólnych spostrzeżeniach, jak np. fakt wykorzystania wszystkich analizowanych parametrów skutkuje niewiele słabszymi rezultatami niż ich staranna selekcja/manualny dobór. Wydaje mi się, że dobór ustawień parametrów jest kwestią zbyt specyficzną dla konkretnego rodzaju skały/lokalizacji, by możliwa była jakaś większa generalizacja.

Uwaga F:

*„W odniesieniu do trzech metod segmentacji konglomeratów przedstawionych w Rozdziale 2, dla jednoznaczności i spójności opisu, wskazana była by prezentacja wyników działania kolejnych etapów tych metod. Ponadto, z punktu widzenia spójności rozprawy, wskazane byłoby przeniesienie opisu tych metod do Rozdziału 3, gdzie Autorka rozważa wpływ metody segmentacji, na wyniki wyszukiwania względem podobieństwa strukturalnego.”*

Odpowiedź:

Po przeanalizowaniu treści otrzymanych recenzji, uzyskałam inny (uważam, że bardziej obiektywny) punkt widzenia na przeprowadzoną przeze mnie pracę. W drodze wielu dyskusji i wersjonowania pracy, finalnie podjęłam decyzję o podziale jej na części ściśle odseparowujące opisy metod oraz ich

rezultaty. W tym przypadku wydaje się jednak to zbyt sztywnym podziałem i z perspektywy czasu zmieniałabym układ pracy (jak i kilka innych elementów).

Uwaga G:

*„Autorka stwierdza w rozprawie, że zaproponowana przez Nią w Rozdziale 4 metoda segmentacji konglomeratów w drodze klasteryzacji barw dostarcza najlepszych wyników spośród wszystkich metod segmentacji rozważonych w rozprawie. Nie przedstawiła jednak wyników na poparcie tej tezy. Jak zatem wypada porównanie np. z metodą SLIC? Jakie są istotne różnice w uzyskanych rezultatach, pomiędzy wykorzystaną przez Autorkę metodą klasteryzacji barw, a metodą mean-shift?”*

Odpowiedź:

Słusznie Pani Recenzent zauważyła, pomimo iż pozwoliłam sobie na subiektywne porównanie, to nie poparłam tego ilościowymi wynikami lub informacją wprost o subiektywności stwierdzenia. Opinię swoją zbudowałam jedynie na analizie wzrokowej (ogląd efektów działania metody) dla danego zestawu skał. Istotnie brakuje zestawienia graficznego (np. kolejnej kolumny w rysunkach 3.21, 3.22). Zestawienie ilościowe również ze względu na różne metody ustalania podobieństwa jest trudne w realizacji. Zgadzam się w pełni z powyższą uwagą i na pewno uwzględnię ją (jak i całe doświadczenie z analizą tych uwag) w dalszych badaniach.

Uwaga H:

*„Autorka zdefiniowała własne miary oceny jakości wyszukiwania (s. 65). Miara  $MO_2$  nie jest dla mnie jasna. Zdefiniowana jest jako iloraz 100% oraz liczby klastrów wynikowych do których przyporządkowano obrazy tej samej skały. Tak zdefiniowana miara nie może dać wartości z zakresu 0-100%, jak podano w pracy. Ponadto, jako uzupełnienie ww. miar warto by wskazać zagregowane macierze pomyłek, dla każdej z rozważanych 9 klas.”*

Odpowiedź:

Podobnie jak w uwagach C i D, ten opis powinien zostać doprecyzowany. Moją intencją było uzyskanie wiedzy o ilorazie liczby 100 (jako zakwalifikowania wszystkich obrazów z danej grupy geologicznej do jednego klastra) oraz liczby klastrów, na jakie została podzielona dana grupa obrazów jednej skały. Być może w celu lepszego zobrazowania, można posłużyć danymi na przykładowym rysunku 3.29 oraz tabeli 3.3. Można tam zauważyć, że wartość  $MO_2$  dla przypadku ID grupy 1 wynosi 50 (na figurze powyżej, widać iż obrazy o ID 1-10 (ta sama grupa geologiczna) podzielona została na dwie części (przyporządkowana do dwóch różnych klastrów)). Zatem miara rozbicia homogeniczności ( $MO_2$ ) wynosi dla tego przypadku 50; Warto zaznaczyć, iż miary  $MO_{1-4}$  są składowymi wyjściowej miary  $ssMO$  (będącej sumą miar  $MO_{1-4}$  dla wszystkich grup obrazów skał).

Ponadto w przeprowadzonych badaniach, dla zachowania homogeniczności pracy oraz ze względu na znaczne rozmiary, nie podjęłam się przygotowania dokładnej informacji o błędach grupowania, a bazowałam na ogólnych założeniach miar  $MO_{1-4}$  jako oceny homogeniczności lokalnej (w obrębie grupy) i globalnej (całego przeszukiwania). W realizowanych badaniach, dokonywałam subiektywnej oceny poprawności wyszukiwania w rozdziale 4, weryfikując w sposób manualny uzyskane efekty. Oczywiście podczas realizacji dalszych badań, podejście to należy rozszerzyć.

Uwaga I:

*„W Rozdziałach 4.4.3 i 4.4.4 Doktorantka ocenia jakość wyszukiwania odwrotnego obrazów kluczem poddanych transformacjom (rotacja + skala) na podstawie liczby poprawnie dopasowanych punktów kluczowych SURF. Oceniam, że jest to zbyt surowe kryterium w tym przypadku, Z zamieszczonych przykładów wizualnych wynika, że niezależnie od ich liczby, dopasowane punkty kluczowe w zdecydowanej większości koncentrują się w obszarze poszukiwanego konglomeratu. Należałoby zatem takie wyszukiwanie uznać za poprawne.”*

Odpowiedź:

Zgadzam się z uwagą. Kryterium zostało ustalone, aby pokazać, że już tak mocno wyselekcjonowana ocena, prowadzi do dobrych wniosków, a w przypadku metody SURF wydaje się skutkować najlepszymi wynikami. Oczywiście kryterium to w realnych zastosowaniach (np. komercyjnego oprogramowania specjalistycznego) mogłoby stać się parametrem dokładności wyszukiwania, możliwym do sterowania także w sposób manualny.

Uwaga J:

*„Do różnych eksperymentów Doktorantka wykorzystywała różne podzbiory posiadanego zbioru obrazów mikroskopowych (90 obrazów 9 typów skał w eksperymentach z badaniem wpływu sposobu poszczególnych etapów metody na końcowe wyniki wyszukiwania, 5700 obrazów mikroskopowych 19 typów skał przy wyszukiwaniu obrazów podobnych wizualnie podobnych do klucza, 800 obrazów mikroskopowych 8 typów skał przy wyszukiwaniu konglomeratów podobnych strukturalnie do klucza, 50 obrazów mikroskopowych przy eksperymentach dot. wyszukiwania szkicem oraz 7400 obrazów 37 typów skał podczas eksperymentów dot. transformacji geometrycznych klucza wyszukiwania). Nie jest jasne, dlaczego we wszystkich przeprowadzonych eksperymentach nie wykorzystano największego z posiadanych zestawu danych obrazowych (7400 obrazów 37 typów skał przypadku mogłaby wysnuć najbardziej uniwersalne wnioski dot. działania metod wyszukiwania odwrotnego obrazów geologicznych w różnych scenariuszach.”*

Odpowiedź:

Prezentowane w pracy badania są efektem krokowego poszerzania zakresu badań. Każdy z praktycznych przykładów został zaprezentowany w publikacjach naukowych, a metoda wykorzystana w każdym z nich zdawała się dawać najskuteczniejsze efekty. Rozdział 3 wg mojej intencji, miał być rozdziałem poglądowym, gdzie można porównać nie tylko finalne zestawienia, ale także przypisać cząstkowe wyniki do konkretnego obrazu w zbiorze. To było powodem, iż w rozdziale 3 zbiór obrazów był relatywnie niewielki (tylko 90 obrazów, choć w dalszych rozdziałach prezentowane są efekty wybranych metod dla zbiorów bardziej liczebnych). Celem tego podejścia była możliwość szczegółowej analizy wyników i ich wizualizacji. Zgodnie z odpowiedzią do Uwagi B, praca już jest obszerna i momentami zbyt szczegółowa.

Uwaga K:

*„Jak Autorka ocenia możliwość zastosowania w rozważanym problemie takich miar podobieństwa obrazów, takich jak np. indeks strukturalnego podobieństwa (ang. SSIM Index), czy informacja wzajemna (ang. Mutual Information)?”*

Odpowiedź:

Wykorzystanie miary podobieństwa strukturalnego (uwzględniającej jasności i kontrast obrazu, poprzez porównanie w danym oknie), jak również wykorzystanie metod maksymalizacji informacji wzajemnej (jako miary statystycznej zależności między dwoma zbiorami danych) jest wartym uwagi i popularnym podejściem do zagadnienia dopasowania obrazów (lub ich fragmentów). Z punktu widzenia zastosowania w analizowanym problemie, należy w mojej ocenie uwzględnić dwa zagadnienia:

1. możliwa transformacja akwizycyjna danych geologicznych;
2. wyszukiwanie w oparciu o treść obrazu geologicznego, w rozumienia podobieństwa strukturalnego a aspekcie geologicznym (czyli np. miary uporządkowania obiektów geologicznych, analiza ilościowa i jakościowa skał);

W pierwszym przypadku, zastosowanie metod badających i porównujących wprost lub nie-wprost zmienność poziomu szarości (podobnie jak wszystkie parametry teksturalne analizowane w pracy (rozdział 2.4.1)) wydaje się w pełni uzasadnione dla przypadków, gdy poszukujemy nieznacznie zmodyfikowanego obrazu, lub fragmentu obrazu w analizowanej bazie danych. Zatem, zakładając iż baza danych, zawiera tylko obrazy z danego pomiaru, ze stałymi parametrami akwizycyjnymi, to metody dopasowywania obrazów powinny spełnić swoją rolę. Jeśli rozważymy przypadek, że ten sam obiekt geologiczny, zarejestrowany został przy pomocy różnych urządzeń (np. typu mikroskopu) lub innych parametrów akwizycji (np. wybór polaryzacji, powiększenie) to należy wyraźnie podkreślić, iż stosowanie jakichkolwiek parametrów niskopoziomowych (np. zaproponowanych w pracy w rozdziale 2.4.1) lub porównywanie bezpośrednio obrazów za pomocą metod dopasowywania poziomów jasności (bezpośrednio, lub pośrednio poprzez analizę rozkładu poziomów szarości), może okazać się niewystraszające. Dodatkowo, warto podkreślić, iż w zagadnieniach geologicznych, wykorzystanie deskryptorów niskiego poziomu, może być raczej wstępnym etapem selekcji, lub alternatywnym scenariuszem pomocniczym podczas przeszukiwania baz danych. W przypadku realnych potrzeb specjalistów w obszarze geologii (np. mineralogów, petrofizyków) poszukiwana wiedza ma zwykle charakter ilościowy lub jakościowy (pkt. 2). Innymi słowy, specjalista w obszarze geologii częściej może potrzebować odpytać bazę danych o obrazy, które mają np. podobną do klucza wyszukiwania: krętość, stopień porowatości, ziarnistość, podobny przebieg szczelin itp.. W takim przypadku, analiza dopasowania w oparciu o parametry statystyczne (lub analizę rozkładu prawdopodobieństwa pikseli traktowanych jako zmienne losowe) może w ograniczony sposób być przydatne, ponieważ niezbędne może być poszukiwanie cech wyższego rzędu. Wówczas stosowanie metod dopasowywania również może być skuteczne, jeśli tylko metody zostaną dostosowane do odpowiednich struktur wejściowych.

Uwaga L:

*„Autorka wspomina, że Jej praca ma być m.in. odpowiedzią na konieczność szybkiego przeszukiwania baz obrazów geologicznych. Ile zatem trwa realizacja zapytania odwrotnego z wykorzystaniem rozważanej metody. Jak ten czas zależy od rozmiaru bazy danych (liczby obrazów do przeszukania) oraz rozdzielczości obrazów?”*

Odpowiedź:

Realizacja zagadnienia odwrotnego wyszukiwania grafiki uzależniona będzie od wielu czynników. Ponieważ omawiana metoda, jest ciągiem przyczynowo - skutkowym wielu różnych metod cząstkowych, zatem dobór tych metod będzie jednym z czynników determinujących wydajność czasową. Etap parametryzacji obrazu może zawierać różne algorytmy o różnej złożoności czasowej. Zdecydowanie szybciej (abstrahując od wykorzystanej technologii) jest wyliczyć przykładowy parametr objętości obrazu (wykonać sumowanie elementów macierzy oraz dodatkowe operacje stałe) niż uzyskać wynik krętości konglomeratów (który wymaga operacji binaryzacji, indeksacji, detekcji krętości) – gdzie każda z metod cząstkowych wymaga wielokrotnego iterowania po elementach macierzy.

Oczywiście rozmiar bazy danych (w sensie liczebności danych, ale także ich indywidualnych rozmiarów) jest również czynnikiem wpływającym na szybkość odpowiedzi. Oczywiście jest, że większy rozmiar obrazu, oraz większa ich liczba spowoduje wydłużenie czasu przetwarzania w celu detekcji wartości interesujących cech obrazu. Warto tutaj wspomnieć, że jednym z istotnych czynników, jest aspekt samej architektury potencjalnego rozwiązania, np. technologii dostępu do danych, wykorzystanego języka programowania, sposobu magazynowania danych. Przyjmując strategię, iż etap detekcji cech wykonywany jest podczas inicjalizacji bazy danych, wówczas wspomniane wyżej różnice będą miały niewielki wpływ na odpowiedź systemu, a implementacja dostępu do danych oraz optymalizacje metod ustalania podobieństwa będą głównym czynnikiem wpływającym na szybkość działania systemu. Jeśli jednak, z jakiegoś powodu niemożliwe jest stosowanie detekcji cech ad hoc i magazynowanie ich w bazie danych (np. w przypadku dynamicznie aktualizowanej bazy danych w czasie rzeczywistym, podczas rzeczywistych pomiarów geologicznych), wówczas czas trwania odwrotnego wyszukiwania będzie ściśle zależne od doboru metod cząstkowych (tym samym proporcjonalnie i pośrednio od rozdzielczości obrazów lub liczby obrazów do analizy).

Uwaga M:

*„Z punktu widzenia łatwości analizy i interpretacji wyników, na wykresach w Rozdziale 3 (lub w ich podpisie), lepiej było by wskazać nazwy parametrów, zamiast ich oznaczeń.”*

Odpowiedź:

Zgadzam się z tą uwagą. Ze względu na rozmiary pracy i konieczność umiejscowienia w tabelach wielu danych, zdecydowano się na pozostanie przy konwencji oznaczenia parametru w tabeli oraz tylko w miejscach gdzie to było możliwie czytelne, dodano pełne nazwy parametrów.

Uwaga N:

*„Nie jest dla mnie zrozumiała idea funkcji dystansu  $C(x)$  przedstawiona w Rozdziale 4.3.4. (s. 128). Doktorantka definiuje ją jako odległość między dwoma najbliższymi obrazami należącymi do dwóch różnych klas. W obszarze danej klasy  $C(x)$  powinno być zatem stałe. Natomiast, na Rys. 4.29  $C(x)$  monotonicznie rośnie. Nie jest też jasny związek funkcji  $C(x)$  z metodą  $k$ -najbliższych sąsiadów, o której Doktorantka wspomina.”*

Odpowiedź:

Przedstawiona funkcja, obrazuje odległość (uporządkowaną rosnąco) w metryce euklidesowej, pomiędzy obiektem kluczem, a jego sąsiadami. Na tej podstawie, można dokonać ewentualnej analizy monotoniczności odległości oraz zweryfikować poprawność reguł podziału klas podobieństwa (lub wprowadzić nowe). Nie ma to bezpośredniego związku z metodą  $k$  najbliższych sąsiadów, a jedynie może obrazować punkty (np. lokalne zmiany) mogące służyć jako punkty charakterystyczne zmiany odległości w celu przeklasyfikowania obrazów.



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