

Politechnika Warszawska
Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych

DZIEKAN I RADA WYDZIAŁU ELEKTRONIKI I TECHNIK INFORMACYJNYCH
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

zawiadamiają o

PUBLICZNEJ OBRONIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr. inż. Tomasza Michno

która odbędzie się w dniu 17 września 2019 r. o godzinie 11.00

na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej
Gmach im. Janusza Groszkowskiego, Warszawa ul. Nowowiejska 15/19, w sali nr 116

Tytuł rozprawy doktorskiej:

“Metoda wyszukiwania obrazów w multimedialnych bazach danych poprzez identyfikację obiektów opisywanych za pomocą przybliżonych szkiców”

promotor: dr hab. inż. Roman Deniziak, prof. Politechniki Świętokrzyskiej Wydziału Elektrotechniki, Automatyki I informatyki

recenzenci: prof. dr hab. inż. Michał Strzelecki z Instytutu Elektroniki Politechniki Łódzkiej,

dr hab. inż. Dariusz Frejlichowski z Wydziału Informatyki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego.

Na stronie internetowej wydziału www.elka.pw.edu.pl/Wydzial/Rada-Wydzialu/Harmonogram-obron-doktorskich-streszczenia-i-recenzje znajdują się streszczenie rozprawy oraz recenzje, jak również dostęp do tekstu rozprawy umieszczonej w Bazie Wiedzy Politechniki Warszawskiej.

Dziekan



prof. dr hab. inż. Krzysztof Zaremba

Streszczenie

Multimedialne bazy danych w obecnych czasach stają się coraz bardziej popularne. Wykorzystywane są w wielu dziedzinach, np. w wyszukiwarkach internetowych, portalach społecznościowych, czy systemach rozpoznających obiekty. Dużym problemem jest efektywne przechowywanie oraz wykonywanie zapytań ze względu m.in. na bardzo dużą ilość danych do przetworzenia. W obrębie algorytmów starających się rozwiązać te problemy można wyróżnić algorytmy oparte na słowach kluczowych, cechach charakterystycznych znajdujących się na obrazie oraz metodach semantycznych.

Celem niniejszej pracy jest zaproponowanie i przygotowanie nowej metody wyodrębniania obrazów z multimedialnej bazy danych z użyciem szkicu, pozwalającej również użyć przykładowego obrazu jako zapytanie. Algorytm opiera swoje działanie o nową reprezentację obiektów z użyciem zestawu zdefiniowanych prostych kształtów nazywanych prymitywami, z których budowany jest szkielet - graf obiektu. Dzięki zastosowaniu zestawu prymitywów wykonywanie szkiców dla użytkowników jest znacznie prostsze, ponieważ nie są wymagane umiejętności graficzne. Dodatkowo, jako zapytanie może zostać użyty przykładowy obraz, który jest przekształcany w graf. Grafy przechowywane są w bazie danych o drzewiastej strukturze ze specjalnymi rodzajami węzłów grupującymi podobne obiekty w celu zmniejszenia przyrostu wysokości drzewa oraz szybszego zwracania wyników. Proponowana metoda może zostać użyta w wielu zastosowaniach, takich jak np. internetowe wyszukiwarki obrazów, banki zdjęć, czy rozpoznawanie obiektów.

Słowa kluczowe: CBIR, multimedialne bazy danych, szkic, wyodrębnianie obrazów z bazy, wyszukiwanie obrazów

Łódź, 12 maja 2019

prof. dr hab. Michał Strzelecki

Instytut Elektroniki Politechniki Łódzkiej
ul. Wólczńska 211/215, 90-924 Łódź

***KWESTIONARIUSZ – RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY
WYDZIAŁU ELEKTRONIKI I TECHNIK INFORMACYJNYCH
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ***

Tytuł rozprawy: Metoda wyszukiwania obrazów w multimedialnych bazach danych poprzez identyfikację obiektów opisywanych za pomocą przybliżonych szkiców

Autor rozprawy: mgr inż. Tomasz Michno

- 1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

Celem naukowym rozprawy jest opracowanie metody wyszukiwania obrazów w multimedialnych bazach danych na podstawie prostych szkiców obiektów występujących w tych obrazach. Szkice byłyby samodzielnie wykonywane przez użytkownika lub tworzone automatycznie na podstawie wzorcowego obrazu obiektu. Cel pracy jest bardzo aktualny ze względu na rosnącą liczbę obrazowych baz danych, które odgrywają coraz większą rolę w wielu dziedzinach nauki, techniki oraz w różnych obszarach życia codziennego. Jednocześnie, mimo obserwowanego dużego postępu, brakuje szybkich i skutecznych metod wyszukiwania informacji kodowanych obrazami w bazach danych, zatem poszukiwanie nowych rozwiązań w tej dziedzinie jest w pełni celowe. Cel i będąca jego konsekwencją teza pracy (stawiająca hipotezę o przewadze proponowanej metody w stosunku do istniejących rozwiązań) są sformułowane w sposób jednoznaczny. Jednak sama teza, dla większej przejrzystości, mogłaby zostać rozbita na większą liczbę zdań (obecnie składa się z jednego długiego i złożonego zdania, którego zrozumienie wymaga od czytelnika pewnej uwagi). Rozprawa ma charakter teoretyczno-doświadczalny, co jest poprawne z punktu widzenia rozpatrywanego w niej problemu naukowego. Obejmuje ona opracowane koncepcji metody i jej implementację wraz ze stworzeniem odpowiedniej struktury bazy danych do przechowywania informacji o wyszukiwanych obiektach a także weryfikację poprawności działania algorytmów i porównanie ich z innymi metodami wyszukiwania obiektów.

- 2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle / świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?**

W rozprawie przeprowadzono dogłębną analizę stanu wiedzy dotyczącej wyszukiwania obrazów w multimedialnych bazach danych. Doktorant przeanalizował stosowane dotychczas metody wyszukiwania (działające na podstawie słów kluczowych, globalnych cech obrazów, właściwości obszarów, szkiców obiektów, analizy semantycznej), wskazując na ograniczenia tych metod. Na tym tle zaproponował własne rozwiązanie wykazując jego potencjalne korzyści w stosunku do metod istniejących. Rozwiązanie to stanowi rozszerzenie metod wykorzystujących szkice obrazów, a jedną z zalet proponowanej metody jest duża prostota wykonywania szkicu poszukiwanego przez użytkownika za pomocą zestawu bazowych kształtów (tzw. prymitywów, czyli prostych figur geometrycznych). Umożliwia to odwzorowanie nawet złożonych obiektów przy niewielkim nakładzie pracy oraz braku uzdolnień plastycznych osoby korzystającej z opracowanej metody.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Autor rozwiązał analizowany w pracy problem naukowy dzięki opracowaniu kompletnej metody wyszukiwania obrazów w multimedialnych bazach danych z wykorzystaniem szkicu obrazu. W pracy zastosowano poprawną metodologię, obejmująca opracowanie koncepcji metody oraz zdefiniowanie i implementację jej kolejnych etapów. Obejmowały one opracowanie metody dekompozycji obiektu na określony zbiór „prymitywów” oraz stworzenie ich opisu za pomocą odpowiednich atrybutów, zbudowanie grafu kształtów zawierającego informacje o prymitywach, ich atrybutach oraz wzajemnych połączeniach. Następnie opracowano bazę danych o strukturze drzewiastej, w której przechowywane są grafy w sposób uwzględniający ich podobieństwo co umożliwia skuteczne przeszukiwanie i modyfikację takiej bazy. Testy zaimplementowanych algorytmów oraz utworzonej bazy danych wykazały poprawność przyjętych założeń (uzyskano odpowiednio duże wartości miar efektywności wyszukiwania danych precision i recall). W szczególności potwierdzono również możliwość użycia bardzo uproszczonej reprezentacji obiektu, co i tak umożliwia jego skuteczne wyszukanie (dotyczy to także obiektów podobnych).

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Doktorant wykazał się przy tym szeroką wiedzą teoretyczną z dyscypliny informatyka, w szczególności w zakresie przetwarzania obrazów oraz projektowania i implementacji baz danych. Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć Autora pracy zaliczam:

- opracowanie metody reprezentacji obiektów obrazów za pomocą ograniczonego zbioru prymitywów oraz odpowiednich grafów kształtów podstawowych zawierających informacje o prymitywach, ich cechach oraz wzajemnych relacjach. Algorytm umożliwia automatyczną detekcję obiektów w obrazie, jest również odporny na zmianę skali i rotację obiektów.
- opracowanie i implementację bazy danych o drzewiastej strukturze służącej do przechowywania grafów oraz algorytmów umożliwiających szybkie poszukiwanie w tej bazie obiektów odpowiadających zadanemu wzorcowi (oraz do niego zbliżonych), a także algorytmów modyfikacji struktury bazy pozwalających na dodawanie i usuwanie elementów bazy.

Opracowana metoda jest nowatorska i rozszerza obecny stan wiedzy w zakresie wyszukiwania obrazów w bazach danych na podstawie ich treści. Pewien niedosyt budzi niemniej jej tylko częściowe przetestowanie, ograniczone do kilku przykładowych obiektów. Taki zakres testów nie pozwala na pełną ocenę przydatności opracowanej metody w praktyce.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?

Praca jest napisana przejrzysto i poprawnie. Struktura i układ pracy są czytelne, przedstawione metody przedstawiono w sposób logiczny i właściwy, uzyskane wyniki są przekonujące, zaś wyciągnięte wnioski są uzasadnione i znajdują odwzorowanie w przedstawionych rezultatach badań. Wątpliwości budzi tylko tłumaczenie Hidden Markov Model jako Ukryty Model Markowa, podczas gdy przyjętym określeniem w języku polskim tego modelu jest Niejawny Model Markowa (str. 27).

Praca jest przygotowana bardzo starannie pod względem redakcyjnym, zauważyłem pojedyncze usterki redakcyjne:

str. 25: Daubechies'a -> Daubechies'a

str. 25: brak przecinka przed (ASM)

str. 28: (DSH)[69] -> (DSH) [69]

str. 29: [98],a -> [98], a

str. 47: pixel'a -> pixel lub pixela

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Jedyną słabszą stroną rozprawy, wspomnianą w p. 4, jest brak szerszej weryfikacji metody z wykorzystaniem większej liczby wyszukiwanych obiektów (w eksperymentach ograniczono się do poszukiwania maksymalnie 6 obiektów reprezentujących samochody, rowery i hulajnogi). Takie ograniczenie nie pozwala na ocenę ogólności metody i określenia jej zakresu zastosowania. Ponadto w dyskusji zabrakło omówienia cech i ograniczeń proponowanego rozwiązania, m.in. warunków, jakie muszą spełniać obrazy wejściowe, aby jednoznacznie dało się opisać występujące w nich obiekty za pomocą przyjętego zestawu prymitywów, ewentualne ograniczenia klas rozpoznawanych obiektów, itp.

Dodatkowo podczas lektury rozprawy nasunęło mi się kilka pytań, które wymagają wyjaśnienia:

1. Jak oceniono poprawność automatycznej metody detekcji obiektów w obrazach oraz budowania nich szkiców? Na str. 111 wspomniano tylko, że w przestrzeni kolorów HSL można wykryć więcej prymitywów niż dla obrazów RGB. Czy „więcej” oznacza zawsze dokładniejszy szkic? W jaki sposób jakość uzyskanych metodą automatyczną szkiców wpływa na efektywność wyszukiwania wzorców w bazach danych?
2. Czy zaproponowana metoda opisu obiektów za pomocą szkiców miałaby zastosowanie do obrazów nie zawierających scen naturalnych, np. dla obrazów biomedycznych w celu wykrycia narządów lub organów ze zmianami patologicznymi?
3. Eksperyment polegający na testowaniu wyszukiwarki Google, opisany na str. 119, wymaga dokładniejszego wyjaśnienia. Jak zaprojektowano doświadczenie, jaka baza danych była przeszukiwana, jakie wyniki dla tej bazy zwróciła proponowana metoda? Proszę skomentować fakt, że algorytm Google nie znalazł w bazie obrazu hulajnogi; czy sieć nie była uczona rozpoznawania takich obrazów?

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Obrazy stanowią istotne źródło informacji o otaczającej nas rzeczywistości i dzięki rozwojowi mikroelektroniki oraz technik obliczeniowych są przetwarzane i analizowane w wielu zastosowaniach przemysłowych, naukowych oraz w wielu aspektach życia codziennego. Duża liczba przetwarzanych danych obrazowych oraz ich rosnąca objętość wymaga opracowania odpowiednich sposobów ich przechowywania, i w konsekwencji wyszukiwania. Wyszukiwanie to powinno być szybkie i skuteczne, nawet przy założeniu braku znajomości dokładnej postaci wyszukiwanego obrazu lub zawartego w nim obiektu. Z tego powodu rozwój metod efektywnego przeszukiwania multimedialnych baz danych jest bardzo istotny z punktu widzenia skutecznego korzystania ze zgromadzonych tam danych. Przedmiotem tej rozprawy jest właśnie opracowanie takiej metody, która nie wymagając od użytkownika szczególnych uzdolnień graficznych umożliwia na podstawie szkicu obiektu skuteczne i szybkie odnalezienie obrazów zawierających takie lub zbliżone obiekty. Z powyższych powodów wysoko oceniam przydatność metod opracowanych w pracy dla nauk technicznych.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- ~~(a) nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy~~
- ~~(b) wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania~~
- (c) spełniająca wymagania
- ~~(d) spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem~~
- ~~(e) wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie~~

Powyższe pytania mają charakter pomocniczy. Wskazane jest takie formułowanie treści recenzji, by można ją było odczytywać bez przeczytania pytań.

podpis

MW SM

Szczecin, 7 czerwca 2019 r.

dr hab. inż. Dariusz Frejlichowski
Katedra Systemów Multimedialnych
Wydział Informatyki
Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Ul. Żołnierska 49
71-210 Szczecin

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
DLA RADY WYDZIAŁU ELEKTRONIKI I TECHNIK INFORMACYJNYCH
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

TYTUŁ ROZPRAWY: Metoda wyszukiwania obrazów w multimedialnych bazach danych poprzez identyfikację obiektów opisywanych za pomocą przybliżonych szkiców

AUTOR ROZPRAWY: mgr inż. Tomasz Michno

PROMOTOR: dr hab. inż. Roman Stanisław Deniziak, prof. PŚk

WSTĘP

Niniejsza recenzja dotyczy Rozprawy doktorskiej, autorstwa mgr. inż. Tomasza Michno, zatytułowanej „Metoda wyszukiwania obrazów w multimedialnych bazach danych poprzez identyfikację obiektów opisywanych za pomocą przybliżonych szkiców”, napisanej w 2019 r., pod opieką promotorską dr. hab. inż. Romana Stanisława Deniziaka, prof. PŚk. Niniejsza recenzja została przygotowana na zlecenie prof. dr. hab. inż. Krzysztofa Zaremby, Dziekana Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych, zawartym w piśmie z dnia 9 kwietnia 2019 r. Recenzja została przygotowana zgodnie z dostarczonym kwestionariuszem.

1. JAKIE ZAGADNIENIE NAUKOWE JEST ROZPATRZONE W PRACY /TEZA ROZPRAWY/ I CZY ZOSTAŁO ONO DOSTATECZNIE JASNO SFORMUŁOWANE PRZEZ AUTORA? JAKI CHARAKTER MA ROZPRAWA (TEORETYCZNY, DOŚWIADCZALNY, INNY)?

W ocenianej Rozprawie podjęto się próby opracowania autorskiej metody przeszukiwania multimedialnych baz danych na podstawie zawartości obrazów cyfrowych w nich zawartych poprzez zastosowanie zapytania sformułowanego w postaci uproszczonego szkicu.

Zaproponowane podejście opiera się na rozkładzie obiektu poddawanego analizie na podstawowe, predefiniowane prymitywy. Zaliczyć do nich można odcinki, łuki, łamane, wielokąty, łańcuchy połączonych łuków, a także wielokąty zbudowane na bazie łańcuchów łuków. Metoda pozwala na formułowanie zapytań w formie szkiców rysowanych przez użytkownika, jak również w oparciu o obrazy, które są przekształcane do postaci szkicu na bazie transformacji w przestrzeniach barw oraz detekcji prymitywów, następnie łączonych w bardziej zaawansowane obiekty. Dodatkowo, prymitywy są opisywane za pomocą różnego rodzaju atrybutów, w zależności od ich typu. Aby uwzględnić relacje pomiędzy prymitywami tworzącymi dany obiekt, stosowane są grafy, w węzłach których przechowywane są prymitywy wraz z atrybutami, natomiast krawędzie odpowiadają za związki pomiędzy nimi. Grafy przechowywane są w strukturze drzewiastej, dzięki czemu następuje grupowanie elementów o podobnej strukturze w odpowiednich poddrzewach. Drzewa zostały zaimplementowane w oparciu o NoSQL oraz MySQL.

Zaproponowane przez Autora Dysertacji algorytmy mieszczą się w zakresie przetwarzania, analizy i rozpoznawania obrazów cyfrowych, a także w szerszym ujęciu – w ramach widzenia i uczenia maszynowego.

Rozprawa składa się z dziewięciu rozdziałów, spośród których pierwszy poświęcony jest krótkiemu wprowadzeniu do poruszanych w Pracy zagadnień.

W drugim rozdziale omówiono kwestię wyszukiwania obrazów w multimedialnych bazach danych. Autor dokonał przeglądu stosowanych dotąd podejść, dzieląc je na:

- metody oparte na słowach kluczowych;
- metody oparte na globalnych cechach obrazu;
- metody oparte na użyciu regionów;
- metody oparte na użyciu szkicu;
- metody wyszukiwania semantycznego.

W każdym z wyżej wymienionych przypadków, opierając się na źródłach literaturowych, przedstawiono w sposób ogólny działanie algorytmów w ramach określonej grupy, a także wymieniono wybrane podejścia. Na zakończenie rozdziału pokrótce scharakteryzowano zagadnienie organizacji multimedialnych baz danych przechowujących obrazy cyfrowe.

W rozdziale trzecim Autor przedstawił motywację do podjęcia się pracy nad omawianym w Rozprawie zagadnieniem, w tym wyłonienie się potrzeby zaproponowania nowego podejścia do problemu wyszukiwania obrazów cyfrowych w multimedialnych bazach danych, opartego na metodzie szkicowej.

Rozdział czwarty przedstawia cel i tezę Pracy. Jako cel Rozprawy wskazano: „[...] opracowanie nowej metody wyszukiwania obrazów w multimedialnej bazie danych, opartej na użyciu przybliżonych szkiców przygotowywanych przez użytkowników”. W rozdziale tym zaproponowano także następującą tezę badawczą: „Metoda wyszukiwania bazująca na reprezentacji zapytania i obrazów w formie uproszczonych szkiców z użyciem zestawu ustalonych kształtów pozwoli uzyskać większą wartość współczynnika *precision* przy zachowaniu co najmniej zbliżonych wartości współczynnika *recall* w porównaniu do innych metod wyodrębniania obrazów z multimedialnej bazy danych, dla której wykonywane są częste operacje wstawiania oraz usuwania elementów, a także pozwalającej na przechowywanie i wyszukiwanie nieograniczonej liczby klas obiektów znajdujących się na obrazach”.

W rozdziale piątym zawarto opis proponowanej w Rozprawie metody reprezentacji obrazu cyfrowego. Stworzone podejście powinno być niezależne od położenia obiektu na scenie, jego rozmiarów, posiadanych barw, czy innych deformacji, dlatego Autor zdecydował się oprzeć swoją propozycję na rozkładzie obiektu na prymitywy, które będą łączone w formie grafu zależności. Szczegółowy opis tego rozwiązania zawarto w omawianym rozdziale, w postaci sformalizowanych definicji, kolejno – prymitywów (kształtów podstawowych) bazowych i złożonych, atrybutów, wzajemnego położenia prymitywów, a także grafu prymitywów. Następnie opisano algorytm tworzenia grafu kształtów podstawowych dla zadanego obrazu cyfrowego, z zastosowaniem metody wykrywania obiektów. Przedstawiono także sposób przechowywania metadanych dla grafu.

W rozdziale szóstym omówiono kolejne ważne z perspektywy celu Rozprawy zagadnienie – metodę porównywania grafów prymitywów otrzymanych dla porównywanych ze sobą obiektów. Zdefiniowano przy tym, kiedy zgodnie z tym rozwiązaniem dwa grafy są identyczne, podobne (posiadające część wspólną) lub całkowicie różne.

Rozdział siódmy omawia sposób przechowywania danych w postaci ułatwiającej przeszukiwanie. Opisano w nim drzewiastą strukturę, która przechowywać będzie grafy obiektów, a także mechanizmy obsługi tej struktury w postaci operacji: wstawiania nowego grafu prymitywów, przeszukiwania w efekcie sformułowanego zapytania, usuwania grafu prymitywów. Dodatkowo zaproponowano formę struktury zmodyfikowaną poprzez zastosowanie grafów skierowanych. W tym samym rozdziale Autor przedstawił propozycje implementacji bazy danych.

W rozdziale ósmym przedstawione zostały wyniki przeprowadzonych eksperymentów, natomiast w rozdziale dziewiątym – podsumowanie Rozprawy.

Zawarta w rozdziale czwartym teza została sformułowana przez Autora w sposób jasny i precyzyjny. Tezę można uznać za poprawnie skonstruowaną, przedstawioną w postaci

pozwalającej na jej potwierdzenie (bądź nie), jednakże odczuwalny jest brak ściśle zdefiniowanych, mierzalnych parametrów, które w znaczący sposób ułatwiłyby Autorowi proces dowodzenia zaproponowanej tezy badawczej. Cennym byłoby na przykład przedstawienie w formie komentarza do niej konkretnych wartości parametrów *precision* i *recall*, które Autor uznałby za wystarczające jako dowód na osiągnięcie założonych oczekiwań względem konstruowanego podejścia. Sformułowanie zawarte w tezie badawczej jest bardziej „rozmyte” i trudniejsze do udowodnienia, ponieważ wymaga wskazania konkretnych konkurencyjnych rozwiązań, a następnie w sposób eksperymentalny zestawienia uzyskanych dla nich parametrów z rezultatami opracowanego w Rozprawie podejścia.

W pracy można odnaleźć zarówno elementy teoretyczne, jak i praktyczne. Do pierwszej grupy zaliczyć należy między innymi przeprowadzoną analizę literatury, powiązaną z umiejscowieniem prac Autora w kontekście stosowanych obecnie podejść, jak również sformułowane przez Autora definicje i algorytmy dla poszczególnych aspektów proponowanego podejścia. Jednakże jako dominujący należy wskazać doświadczalny charakter Rozprawy. Potwierdzeniem tego jest już sformułowana przez Autora teza, która w sposób wyraźny narzuca konieczność jej dowodzenia poprzez praktyczne eksperymenty badawcze. Również przyjęty przez Autora tok myślowy prowadzi do kluczowego rozdziału, w którym opisano zestaw przyjętych danych testowych oraz serię eksperymentów, których rezultaty stanowiły potwierdzenie oczekiwań stawianych przez Autora względem opracowywanego podejścia, jak również warunków osiągnięcia założonego celu Rozprawy.

2. CZY W ROZPRAWIE PRZEPROWADZONO W SPOSÓB WŁAŚCIWY ANALIZĘ ŹRÓDEŁ / W TYM LITERATURY ŚWIATOWEJ, STANU WIEDZY I ZASTOSOWAŃ W PRZEMYŚLE / ŚWIADCZĄCY O DOSTATECZNEJ WIEDZY AUTORA. CZY WNIOSKI Z PRZEGLĄDU ŹRÓDEŁ SFORMUŁOWANO W SPOSÓB JASNY I PRZEKONUJĄCY?

W Rozprawie odniesiono się do 127 pozycji literaturowych różnego rodzaju, w tym do 14 publikacji we współautorstwie Autora i Promotora.

Odejmując od całkowitej liczby pozycje w spisie bibliograficznym należące do Autora Rozprawy, uzyskujemy 113 obcych publikacji, które mieszczą się w zakresie lat 1972 – 2019. Wśród tych publikacji zaledwie niewielką część stanowi materiał wydany przed rokiem 2000, co potwierdza silną koncentrację na najnowszych doniesieniach z dziedziny bliskiej tematyce Dysertacji. Należy jednak pamiętać, że zagadnienie poszukiwania obrazów cyfrowych w multimedialnych bazach danych jest problemem znanym od wielu lat w naukowym świecie informatycznym i powołanie się na wybrany zestaw klasycznych – choć zapewne już w ograniczonym stopniu aktualnych – źródeł stanowiłoby dla Rozprawy dodatkowy walor w kontekście kompletności przeprowadzonej analizy źródeł literaturowych. Przykładem odzwierciedlającym omawianą kwestię jest brak przywołania w Rozprawie pionierskich prac nad systemem QBIC realizowanych przez pracowników IBM, którego idea w pewnym stopniu (na wysokim poziomie abstrakcji) była podobna do propozycji Autora. Przykładem innego zagadnienia, które mogłoby zostać rozwinięte przez Autora jest mechanizm łączenia

deskryptorów różnych cech w celu zwiększenia wydajności rezultatów, zwłaszcza w modelu równoległym. Autor wspomina co prawda na str. 21 o stosowaniu algorytmów reprezentacji dla kilku różnych cech, ale ogranicza się do modelu sekwencyjnego.

Pomimo przedstawionych powyżej uwag krytycznych, przeprowadzoną przez Autora analizę światowego stanu wiedzy w zakresie metod związanych z problemem *Content Based Image Retrieval (CBIR)* należy ocenić jako dobrą. Na wyróżnienie zasługuje tu przyjęta klasyfikacja metod oraz konsekwentnie realizowany przegląd podejść w ramach przyjętych grup. Zaproponowana w rozdziale drugim analiza istniejących rozwiązań opisana jest przystępnie, a jej odbiór wspierają przedstawione przez Autora praktyczne przykłady. W tym kontekście warto podkreślić i docenić aspekt przeglądowy omawianego fragmentu Rozprawy. Przy tym, uwzględniając obecnie pojawiającą się szybko rosnącą liczbę nowych materiałów konferencyjnych i artykułów w czasopiśmie różnego rodzaju i rangi, pełen przegląd rozwiązań, zwłaszcza, gdy różnica pomiędzy wieloma spośród nich jest nieznaczna, jest prawie niemożliwy. Dlatego też, analizę literatury światowej i stanu wiedzy, zawartą w Rozprawie, należy uznać za wystarczającą, a przy tym potwierdzającą rozległą wiedzę Autora na tematy związane z rozwiązywanym problemem. Uwzględniono w niej szereg najważniejszych prac, z naciskiem na te, które są szczególnie bliskie zaproponowanym przez Autora algorytmom.

3. CZY AUTOR ROZWIĄZAŁ POSTAWIONE ZAGADNIENIA, CZY UŻYŁ WŁAŚCIWEJ DO TEGO METODY I CZY PRZYJĘTE ZAŁOŻENIA SĄ UZASADNIONE?

Autor postawił sobie za cel opracowanie nowej metody przeszukiwania baz obrazów cyfrowych. Aby ten cel osiągnąć, zdefiniował najpierw sposób reprezentacji obiektu (bądź szerzej – obrazu) w postaci podstawowych prymitywów, na które dekomponowany jest przedmiot analizy. Sposób działania algorytmu został przedstawiony na przykładach, dla których jednocześnie poprzez kolejne rozważania Autor rozwiązywał pojawiające się trudności i ograniczenia, a także proponował kolejne modyfikacje. Następnie została opracowana metoda porównywania ze sobą reprezentacji obiektów, pozwalająca na wskazanie podobieństwa pomiędzy nimi. Podejście to opiera się na porównywaniu grafów prymitywów. Aby usprawnić proces przeszukiwania Autor zaproponował drzewiastą strukturę przeznaczoną do przechowywania grafów prymitywów, w dwóch wersjach – nieskierowanej i skierowanej, wraz z działaniami przypisanymi do tej struktury. Następnie Autor przeprowadził eksperymenty, których wyniki miały potwierdzić wydajność zaproponowanych algorytmów. Powyższy schemat i kolejność przeprowadzonych w Dysertacji prac należy uznać za właściwe, a przyjęte założenia za uzasadnione.

Kluczowe znaczenie z perspektywy potwierdzenia rozwiązania postawionych w Rozprawie zagadnień miały eksperymenty, których wyniki przedstawiono w rozdziale ósmym.

W pierwszej kolejności Autor przeprowadził eksperyment, którego celem było potwierdzenie, że zaproponowana metoda poprawnie działa w zadaniu reprezentacji obiektów. W tym celu wykorzystano tylko cztery obiekty – dwa samochody o zbliżonym kształcie i tym samym punkcie położenia kamery, rower oraz kwiat. Jest to zdecydowanie zbyt mała liczba, by jednoznacznie potwierdzić, że osiągnięto sukces. Patrząc z tej perspektywy, powyżej przeprowadzone działanie ma raczej charakter demonstracji sposobu funkcjonowania zaproponowanej metody na wybranych przykładach, niż eksperymentu o naukowym charakterze. Zrozumienie celów Autora utrudnia fakt, że analiza wyników pierwszego testu została przedstawiona po eksperymencie drugim. W opisie tym Autor porównał stopień podobieństwa dla dwóch samochodów, samochodu zestawionego z rowerem, a także samochodu z kwiatem.

Drugi eksperyment stanowił rozszerzenie wcześniejszego poprzez rozbudowanie katalogu testowanych obiektów o kolejne pojazdy (np. czołg, łódka), przedmioty (np. krzesło), budynki i rośliny. Opis metodyki jest jednak bardzo lakoniczny – nie podano liczby ani pełnej listy typów obiektów poddanych analizie. Niewystarczający jest również przedstawiony przez Autora wynik prac. Stwierdzenie „Dla większości z nich zaproponowany zestaw prymitywów pozwalał prawidłowo przybliżyć ich kształty” jest nieprecyzyjne – nie wiadomo, ile to jest „większość” oraz jak oceniono „prawidłowość przybliżenia”.

Kolejny eksperyment porównywał oryginalną wersję algorytmu z jego modyfikacją stosującą bryły ograniczające. Tym razem nieco precyzyjniej zdefiniowano bazę testową – było to 200 zdjęć pojazdów: samochodów, rowerów, skuterów i motocykli. Nadal jednak nie wiadomo, ile obiektów należało do poszczególnych klas. Autor mógł również przedstawić przykłady (jeżeli nie pełen zestaw) użytych obrazów testowych. Przedstawienie wyniku sprowadziło się do zestawienia wartości *precision* i *recall* dla analizowanych dwóch wersji reprezentacji obiektu. Rezultat potwierdził większą wydajność podejścia, w którym zastosowano bryły ograniczające.

Czwarty eksperyment miał na celu ocenę zastosowania innego modelu przestrzeni barw (HSL) niż pierwotnie użyty RGB, w procesie detekcji odcinków i łuków. Uzyskane wyniki potwierdziły większą skuteczność metody bazującej na modelu HLS, jednakże eksperyment ograniczył się do analizy tylko trzech obiektów – roweru, samochodu i motocykla.

W kolejnym eksperymencie w charakterze danych wejściowych algorytmu zastosowano obrazy cyfrowe w miejsce ręcznie rysowanych szkiców. Tym razem ponownie zastosowano wcześniej już wykorzystaną bazę dwustu pojazdów. Jednakże wyniki przedstawiono jedynie dla dwóch przykładowych obiektów – roweru i samochodu. Nie wiadomo więc, jak opracowane przez Autora podejście sprawdziło się w przypadku pozostałych 198 zdjęć.

Szósty eksperyment dotyczył porównania wydajności dwóch różnych struktur bazy danych – opartej na drzewie oraz liniowej. Testowano dwie bazy – jedna obejmowała 23 obiekty, a druga 68. Wynik potwierdził większą wydajność czasową struktury opartej na drzewie, ale nie jest zrozumiałe, dlaczego Autor nie pokusił się o pełniejszą analizę, dla

zwiększającej się liniowo w założonym przedziale liczby obiektów, co pozwoliłoby określić precyzyjniej czasową złożoność obu podejść.

Kolejny test miał bardzo praktyczny charakter i obejmował porównanie dwóch zastosowanych implementacji drzewiastej struktury bazy – opartej na SD2CBIRDS oraz MySQL. Uzyskane wyniki czasowe dla różnej liczby obrazów cyfrowych zostały zawarte w Tab. 8.5. na str. 114 oraz na Rys. 8.9 i Rys. 8.10 na str. 114-115. Eksperyment wykazał, że wraz ze wzrostem liczby obrazów zwiększa się przewaga pierwszego z wymienionych podejść.

Ósmy eksperyment należy uznać za szczególnie istotny z perspektywy przyjętej w Rozprawie tezy badawczej, która zakładała porównanie z innymi podejściami. Autor porównał proponowane podejście z trzema innymi metodami. Tym razem zastosowano zbiór 105 zdjęć pojazdów. Uzyskane wyniki potwierdziły przewagę opracowanego podejścia nad metodami: obszarową, Kato i obrysu.

Ostatni eksperyment opierał się na zastosowaniu obrazów testowych z eksperymentów Autora w wyszukiwarce Google. W Rozprawie przeprowadzono krótki wywód na temat skuteczności tego rozwiązania dla czterech przykładowych zapytań i zestawienia z zaproponowanym w Dysertacji algorytmem. Zdaniem Autora w dwóch przypadkach rozwiązanie Google'a dało bardzo dobre rezultaty, natomiast w dwóch pozostałych – lepiej działa Jego metoda. Nie jest jednak oczywiste, czy takie porównanie jest adekwatne, ponieważ Autor nie określił wprost, czy dane wynikowe, wskazywane przez algorytm Google'a, są identyczne z danymi testowymi (zbiorem przeszukiwanym) stosowanymi przez Autora wcześniej. Nie wiadomo, z jak dużego zestawu zdjęć korzystało badane podejście i jakie były parametry tego zbioru.

Przyjęta przez Autora Rozprawy metodologia jest prawidłowa, szczególnie w kontekście przyjętej kolejności opracowywania i potwierdzania wydajności autorskich algorytmów. Jednakże, aby w pełni potwierdzić wiarygodność uzyskanych rezultatów, należałoby rozwiązać pewne wątpliwości, zebrane w postaci poniższych pytań:

1. Jak zachowa się opracowane podejście w przypadku wystąpienia obiektów bardzo do siebie podobnych, ale należących do zupełnie różnych klas, np. zachodzącego słońca, piłki do koszykówki, owocu pomarańczy?
2. Jakie dane były wykorzystane w drugim eksperymencie? Jakie wyniki mierzalne uzyskano?
3. Dlaczego w najbardziej rozbudowanych testach (o liczbie 200 obiektów testowych) ograniczono się do pojazdów? Jak zadziałają zaproponowane algorytmy w sytuacji wielu dziesiątek klas i tysięcy obrazów, co jest typowe dla zadania przeszukiwania multimedialnych baz danych?
4. Jakie były wyniki dla pozostałych obiektów w eksperymencie piątym?
5. Dlaczego w ósmym eksperymencie dodatkowo ograniczono zbiór testowy – do 105 zdjęć pojazdów?

6. Jaki zbiór przeszukiwanych danych był zastosowany w dziewiątym eksperymencie? Jaki był charakter tych danych – liczba klas, liczby zdjęć w ramach poszczególnych klas, wstępne założenia względem zdjęć itd.?

4. NA CZYM POLEGA ORYGINALNOŚĆ ROZPRAWY, CO STANOWI SAMODZIELNY I ORYGINALNY DOROBEK AUTORA, JAKA JEST POZYCJA ROZPRAWY W STOSUNKU DO STANU WIEDZY CZY POZIOMU TECHNIKI REPREZENTOWANYCH PRZEZ LITERATURĘ ŚWIATOWĄ?

Opiniowana Rozprawa dotyczy problemu analizy obrazów cyfrowych w zadaniu przeszukiwania multimedialnych baz danych, jednakże użycie większości opracowanych algorytmów w innych pokrewnych zastosowaniach nie stanowiłoby większego problemu, ponieważ są one na tyle ogólne – zwłaszcza dla opisu i porównywania obiektów – że ich dostosowanie na przykład do identyfikacji obiektów wyekstrahowanych z obrazów cyfrowych jest jak najbardziej możliwe.

Za kluczowe z perspektywy oceny oryginalności Rozprawy należy uznać przywołane już algorytmy reprezentacji i porównywania obiektów. Jak ma to miejsce w wielu podejściach, rozwiązania te należy rozpatrywać wspólnie, ponieważ, pomimo iż jest możliwe stosowanie tych algorytmów oddzielnie, ich siła tkwi we wspólnym działaniu. Co naturalne, algorytm porównywania dostosowany jest do metody opisu obiektów.

Nowość zaprezentowanego w Dysertacji algorytmu reprezentacji obiektów znajdujących się na obrazie cyfrowym opiera się na przyjętym sposobie podziału na predefiniowane prymitywy. Pomimo że podobne podejścia polegające na podziale kształtu (najczęściej w postaci konturu) są znane, to jednak różnią się one od zaproponowanego przez Autora rozwiązania, a przy tym zazwyczaj nie są one stosowane w zadaniu przeszukiwania multimedialnych baz danych, lecz częściej do rozpoznawania obiektów.

Kolejnym istotnym osiągnięciem Autora jest możliwość zastosowania na wejściu zarówno obrazu cyfrowego jak i ogólnego zarysu w formie szkicu. Autor słusznie argumentuje, że to drugie podejście ma duży aspekt aplikacyjny w czasach, gdy tak powszechnie stosowane są smartfony i tablety.

Za najważniejszy aspekt oryginalności rozprawy uznać należy zatem opracowane algorytmy reprezentacji i porównywania obiektów w zadaniu wyszukiwania obrazów cyfrowych w multimedialnych bazach danych, jednakże Autor przeanalizował także kilka kolejnych zagadnień, na które warto zwrócić uwagę. Jednym z nich jest dyskusja na temat praktycznej implementacji bazy danych w kontekście jej szybkiego przetwarzania, co jest o tyle wartościowe, że podkreśla po raz kolejny wysoki aspekt wdrozeniowy osiągnięć Autora.

W Rozprawie przywołano 14 prac opublikowanych przez Autora w toku realizowanej pracy naukowej. W przypadku każdej z tych publikacji Autor Rozprawy wystąpił na drugim miejscu, co skłania do sformułowania pytania o przyjęty sposób ustalania listy współautorów;

w niektórych interpretacjach przyjmuje się, że kolejność autorów jest decydująca i wskazuje wkład, w tym twórczy, w powstanie publikacji. Nie należy kwestionować samodzielności i oryginalności przeprowadzonych przez Autora prac, ale można konkludować, że wyłącznie wieloautorskie publikacje, w których zawarto rezultaty przywołane także w Dysertacji, świadczą o zespołowej pracy, zwłaszcza we współpracy z Promotorem. Analiza Dysertacji nie pozostawia jednak wątpliwości, że główne tezy badawcze zostały przez Doktoranta sformułowane i dowiedzione samodzielnie bądź przy Jego dominującym udziale.

5. CZY AUTOR WYKAZAŁ UMIEJĘTNOŚĆ POPRAWNEGO I PRZEKONYWUJĄCEGO PRZEDSTAWIENIA UZYSKANYCH PRZEZ SIEBIE WYNIKÓW /ZWIĘZŁOŚĆ, JASNOŚĆ, POPRAWNOŚĆ REDAKCYJNA ROZPRAWY/ ?

Poziom redakcyjny Rozprawy należy uznać za dobry, a zastosowany język za czytelny dla odbiorcy. Niewątpliwą zaletą Autora jest łatwość w przekazywaniu własnych poglądów, idei oraz osiągniętych rezultatów. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w sposób poprawny i przekonujący. Docenić należy przy tym w szczególności zwięzłość i jasność formułowanych treści. Stosowana przez Autora narracja prowadzi czytelnika poprzez kolejne fazy powstawania opracowanych podejść, niejako pozwalając na obserwację chronologiczną kolejnych zmian i rozwoju efektów pracy Autora.

Niestety, Autor nie ustrzegł się błędów różnego rodzaju (zwłaszcza interpunkcyjnych) i usterek edytorskich, które wspomnianą wyżej czytelność w pewnym stopniu zakłócają. Przedstawienie ich pełnej listy w niniejszej Recenzji nie ma uzasadnienia, dlatego poniżej zostaną przywołane wyłącznie wybrane przykłady dla zilustrowania omawianej kwestii:

- str. 3.: Serdecznie dziękuję **dr** hab. inż. Stanisławowi Deniziakowi – dr. lub drowi;
- str. 5: pozwalającej również użyć przykładowego obrazu jako **zapytanie** – zapytania;
- str. 15: graficzny interfejs **użytkowników** – w powszechnym użyciu stosowane jest pojęcie „graficzny interfejs użytkownika”;
- str. 16: Metoda opiera swoje działanie na nowej reprezentacji obiektów **składającą** się z przybliżenia kształtu – składającej;
- str. 21: wykorzystywane są również cechy **tekstur**, krawędzi oraz **tekstur** [34] – dlaczego słowo „tekstur” występuje dwukrotnie?
- str. 76: Na początku, podobnie jak przy wstawianiu nowego elementu, **porównywane** są wszyscy potomkowie korzenia – porównywani;
- str. 88: dla węzła potomnego dla **których** podobieństwo jest największe – którego.

Pewne nieścisłości można także odnaleźć w spisie bibliograficznym. Przykładowo, pozycje [3] i [4] zostały przygotowane przez ten sam zespół (uwzględniający także Autora Rozprawy), jednak w przypadku nazwiska jednego ze współautorów w pierwszym przypadku pojawia się „P. Pieta”, a w drugim „P. Pieta”. Analogiczna sytuacja występuje w pozycjach [64] i [65]. Jeden z autorów za pierwszym razem przedstawiony jest jako „S. Muller”, a za drugim „S. Müller”.

Warstwa edytorska w kilku innych przypadkach pozycji literaturowych również mogłaby być bardziej dopracowana. Przykładem jest opis dla [51], który rozpoczyna się od danych o autorze/autorach zapisanych w postaci „S. R.D, a. V.V”.

W pozycjach [6], [53] i [54] zastosowano w nazwiskach wyłącznie wersaliki, co nie zdarza się w przypadku żadnej innej pozycji w spisie bibliograficznym.

W niektórych miejscach Rozprawy zrozumienie treści utrudniają także nietypowe rozwiązania w zakresie składu tekstu. Stosunkowo często treść tekstu głównego przerywana jest ilustracjami bądź pseudokodem. Nieczytelny jest również pseudokod dla „Algorytmu 2”, który znajduje się na dwóch stronach, ale rozdzielają je aż cztery strony prezentujące inne treści (przywoływany algorytm znajduje się na stronach 49 i 54).

6. JAKIE SĄ SŁABE STRONY ROZPRAWY I JEJ GŁÓWNE WADY?

Ogólna ocena Rozprawy jest dobra, mimo iż w niniejszej recenzji pojawiały się różne uwagi krytyczne. Sprowadzają się one do kilku głównych elementów, które można rozpatrywać w kategoriach pewnych nieznaczących braków, niedociągnięć, słabych stron bądź wad Dysertacji, takich jak:

- brak jednoznacznie zdefiniowanych w mierzalnej postaci parametrów pozwalających na potwierdzenie przyjętej tezy badawczej;
- brak nielicznych klasycznych rozwiązań w przeglądzie literatury;
- ograniczony zbiór obiektów, biorąc pod uwagę rozpatrywane zagadnienie przeszukiwania baz danych obrazów cyfrowych, wykorzystanych w trakcie eksperymentów;
- nie zawsze precyzyjny opis obiektów testowych;
- brak dogłębnej analizy parametrów opracowanych algorytmów, w tym w szczególności ich złożoności obliczeniowej;
- pewne niedociągnięcia w warstwie redakcyjnej.

Powyżej przedstawione uwagi, podobnie jak i inne zastrzeżenia, które pojawiły się w niniejszej recenzji, nie obniżają ogólnej wartości naukowej Rozprawy, stanowiąc jedynie element dyskusji nad jej treścią.

7. JAKA JEST PRZYDATNOŚĆ ROZPRAWY DLA NAUK TECHNICZNYCH?

Przedstawione w Rozprawie algorytmy, jak również zawarte w niej wyniki eksperymentalne, potwierdzają wysoką przydatność uzyskanych przez Autora rezultatów prac dla nauk technicznych, w szeroko rozumianym pojęciowo zakresie przetwarzania, analizy i rozpoznawania obrazów. Co prawda Autor skupia się na zagadnieniu przeszukiwania multimedialnych baz danych obrazów cyfrowych, jednakże nie ma przeciwwskazań wobec wykorzystania opracowanych podejść w innych zastosowaniach, przede wszystkim analizie

obrazów, rozpoznawaniu i identyfikacji obiektów – przy tym nie muszą to być wyłącznie obiekty techniczne (na czym skoncentrował się Autor). Obecnie rosnącą popularnością cieszą się na przykład metody identyfikacji osób na podstawie szkiców twarzy. Z łatwością można by dostosować prezentowane w Rozprawie algorytmy również do tego problemu.

Opracowane w Dysertacji algorytmy i narzędzia mają wysoki poziom aplikacyjny. Ich wdrożenie nie powinno stanowić większego problemu i jest naturalnym kolejnym etapem prac nad zagadnieniem. Potwierdzają to wspomniane wcześniej aspekty implementacyjne, które Autor poruszył (poza głównym nurtem) w Dysertacji. Autor zauważa przede wszystkim możliwość praktycznego zastosowania rezultatów prac w systemach na urządzenia przenośne, na przykład smartfony czy tablety. Jest to słuszne założenie – oparcie się na szybko tworzonym przez użytkownika szkicu przy użyciu rysika bądź palca na pewno stanowiłoby udogodnienie w mobilnych wersjach systemów wyszukiwania obrazów. Narzędzie tego typu powinno spotkać się z szerokim zainteresowaniem przyszłych odbiorców, choć niektóre tezy stawiane przez Autora mogą się wydawać mniej oczywiste i trudniejsze do udowodnienia (np. „metoda ta powinna ułatwiać rysowanie zapytań osobom, które nie posiadają zdolności plastycznych”).

8. DO KTÓREJ Z NASTĘPUJĄCYCH KATEGORII RECENZENT ZALICZA ROZPRAWĘ:

- a/ nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
- b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
- c/ spełniająca wymagania**
- d/ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem
- e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Podsumowując recenzję, jednoznacznie stwierdzam, że przedstawiona Dysertacja mgr. inż. Tomasza Michno pt. „Metoda wyszukiwania obrazów w multimedialnych bazach danych poprzez identyfikację obiektów opisywanych za pomocą przybliżonych szkiców” – pomimo przedstawionych uwag i kwestii dyskusyjnych – **spełnia wymagania** Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, stawiane rozprawom doktorskim i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie Autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego, w tym wnoszę o dopuszczenie Rozprawy do publicznej obrony na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej.


(Dariusz Frejlichowski)