

Prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz
Katedra Automatyki AGH

Kraków, 2010-12-29

Recenzja

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Łukasza Brockiego zatytułowana "*Koneksjonistyczny model języka w systemach rozpoznawania mowy*". Promotorem ocenianej rozprawy jest prof. dr hab. Krzysztof Marasek. Recenzję przygotowano na zlecenie Dziekana Wydziału Informatyki PJWSTK, dr Aldony Drabik (pismo z dnia 29.10.2010).

Uwagi ogólne

Opiniowana praca jest jedną z wielu znanych mi rozpraw poświęconych niezwykle ważnemu zagadnieniu automatycznego rozpoznawania mowy (w szczególności mowy polskiej, co jest zadaniem ważnym i pilnym z punktu widzenia tworzenia w naszym kraju zrębów tzw. Społeczeństwa Informacyjnego). Pracę tę witam z radością, jako krok zmierzający niewątpliwie w dobrą stronę, chociaż jest to – jak oceniam – stosunkowo mały krok na bardzo długiej drodze.

Naturalny kontakt głosowy człowieka z komputerem (a za jego pośrednictwem z ogromną liczbą różnych systemów technicznych, które mogą być sterowane komputerowo) jest generalnie jednym z ważniejszych zagadnień współczesnej informatyki. Ze względu na liczne zalety takiej właśnie głosowej metody komunikacji nie ustają wysiłki zmierzające do „naukowego udroźnienia” kanału przesyłania informacji pomiędzy ludźmi i maszynami za pomocą sygnału mowy. Dlatego od wielu lat podejmuje się kolejne (coraz bardziej udane) próby budowy systemów automatycznego rozpoznawania mowy, w szczególności mowy polskiej. Warto przy tym zauważyć, że systemy takie (przeznaczone dla rozpoznawania mowy) rozwijają się aktualnie w dwóch niezależnych kierunkach. Z jednej strony powstają systemy coraz doskonalej realizujące proces rozpoznawania praktycznie nieograniczonego słownika wyrazów (granice narzuca tu oczywiście fakt, że każdy język operuje pewną skończoną liczbą wyrazów, która jednak zamyka się na poziomie ponad stu tysięcy słów, zwiększanym dodatkowo w przypadku języków

fleksyjnych o konieczność rozpoznawania różnych odmiennych form rozważanego wyrazu). Systemy takie mają jednak tę wadę, że są bardzo kosztowne, gdyż możliwości rozpoznawania nieograniczonego zbioru wyrazów daje się uzyskać przy bardzo wnikliwej analizie sygnału mowy na płaszczyźnie akustycznej, fonetycznej, a potem przy zastosowaniu bardzo rozbudowanej analizy lingwistycznej, syntaktycznej i semantycznej treści wypowiedzi. Drugą skrajnością są systemy rozpoznające ograniczony zbiór wyrazów. Ich zastosowania są ograniczone właściwie wyłącznie do prostych funkcji kontrolnych, jednak ich zaletą jest mały stopień komplikacji i wynikająca z tego niska cena. Oczywiście można też wskazać szereg opracowań o właściwościach pośrednich pomiędzy rozważanymi skrajnościami.

Opiniowana rozprawa nawiązuje do pierwszego (ambitniejszego) nurtu badań nad metodami automatycznego rozpoznawania mowy. Przedmiotem rozpoznawania jest w niej bowiem koneksjonistyczny model języka, w którym można teoretycznie zaimplementować nieograniczony słownik, aczkolwiek zaznaczyć także trzeba, że używany do badań zasób językowy był oczywiście limitowany.

Całościowa charakterystyka rozprawy

Doktorant podał (w podrozdziale 1.2 na stronie 10 rozprawy) konkretne tezy swojej pracy, dzięki czemu czytelnik od początku wie, czego może oczekiwać. **Bardzo pochwalam taki sposób konkretyzacji celów rozprawy i z uznaniem odnotowuję tak wczesne przedstawienie jej tez, bo to bardzo ułatwia śledzenie zawartych w pracy wywodów. Dodatkowo stwierdzam, że sformułowane tezy pacy Pana Brockiego generalnie akceptuję, gdyż formułują one konkretny i ważny cel naukowy. Skomentuję je teraz kolejno, przytaczając każdorazowo sformułowanie użyte przez Autora pracy oraz mój komentarz:**

1. Koneksjonistyczny model języka jest skuteczniejszy od tradycyjnych modeli n-gramowych dla języka polskiego.

Ta teza jest bardzo wartościowa i wnosi istotnie nowe elementy do wiedzy o metodach modelowania języka w kontekście potrzeb systemów automatycznego rozpoznawania mowy polskiej, więc aprobuje ją bez zastrzeżeń.

2. *Możliwe jest wykorzystanie koneksjonistycznego modelu języka w działającym w czasie rzeczywistym w systemie rozpoznawania mowy z dużym słownikiem.*

Ta teza także jest wartościowa i oryginalna, wychodzi bowiem naprzeciw konkretnym potrzebom praktycznym związanym z wymaganiami, jakie systemowi automatycznego rozpoznawania mowy stawiać będą jego potencjalni użytkownicy. Trzeba jednak przyznać, że użyte w tej tezie sformułowania stwarzają bardzo ambitny plan realizacji pracy, bowiem zarówno założenie działania systemu rozpoznawania mowy w czasie rzeczywistym (a więc rozpoznawanie wypowiedzi jeszcze w czasie jej trwania), jak i przywołanie wymogu pracy z dużym słownikiem spiętrzają przed Doktorantem dodatkowe trudności, których pokonanie jest naprawdę dużym sukcesem.

Wyprzedzając nieco dalszy tok procesu szczegółowego opiniowania rozważanej rozprawy stwierdzam, że Doktorantowi udało się osiągnąć postawione cele. Wprawdzie mgr Brocki na stronie 80 pisze „*Osiągnięte wyniki mogą się wydawać słabe...*”, ale ja nie podzielam tego pesymistycznego wniosku. Uważam, że w doktoracie udało się uzyskać bardzo dobre wyniki, a relacjonowane błędy, głównie związane z fleksyjną naturą języka polskiego, nie umniejszają pozytywnej oceny na temat samej idei naukowej zaproponowanej i przebadanej w opiniowanej pracy. Oczywiście przed oddaniem systemu do eksploatacji praktycznej trzeba będzie dopracować szczegóły, żeby wyeliminować przynajmniej część błędów występujących w eksperymentalnej wersji systemu. Być może przydatny tu będzie (w przyszłości) post-processing wyników rozpoznawania mowy w obszarze analizy syntaktycznej zapisu transkrypcji ortograficznej, powstałej po transformacji typu *speech-to-text*. Ale w mojej ocenie duży odsetek tego rodzaju błędów (złe końcówki słów) bynajmniej nie umniejsza naukowej wartości pracy ani nawet nie dyskwalifikuje jej wyniku w kontekście niektórych zastosowań. Nie chcę nadmiernie rozwijać tego wątku, bo jest on w istocie uboczny i nie związany z oceną wartości naukowej opiniowanej rozprawy, jestem jednak przekonany, że w wielu zastosowaniach ludzie przyjmą z wdzięcznością możliwość automatycznego uzyskania chociażby wstępnego draftu protokołu z jakiejś formy głosowej komunikacji (na przykład z przesłuchania świadka). Poprawienie błędów, jakie w takim tekstowym dokumencie wprowadzi niedoskonały (oparty na koncepcjach zawartych w ocenianej rozprawie) system typu *speech-to-text* – będzie i tak nieporównanie mniej

pracochłonne, niż samodzielne pisanie przez sekretarkę tekstu protokołu na podstawie odsłuchiwania nagrań na dyktafonie.

Odwołam się do jeszcze jednego przykładu, wskazującego na wartość praktyczną nawet tego niedoskonałego (w samoocenie Doktoranta) uzyskanego wyniku. Otóż w działalności operacyjnej Policji stosuje się obecnie podsłuchy. Osobną kwestią jest ocena, czy to dobrze, że stosuje się je na tak dużą skalę – ale sam fakt nie budzi wątpliwości. Wyobraźmy sobie jednak sytuację, w której w lokalu, będącym kryjówką terrorystów zainstalowano podsłuch, który rejestruje ogromne ilości różnych rozmów na zupełnie błahe tematy, wśród których są jednak także takie wypowiedzi, które mogą wskazywać na zamiar podłożenia bomby i mogą wskazywać miejsce zamachu. Niesłychanie pracochłonne jest przeglądanie takich rejestracji z podsłuchu celem wykrycia tych ważnych informacji, bo nagrań dźwiękowych (w odróżnieniu od nagrań z kamer wideo) nie da się przesłuchiwać z istotnie większą szybkością, niż były nagrywane, więc sprawdzenie nagrania z kilkogodzinnego podsłuchu wymaga kilku godzin pracy wykwalifikowanego agenta. Tymczasem zastosowanie algorytmu *speech-to-text*, nawet niedoskonałego, i skonwertowanie (nawet z błędami) zarejestrowanych rozmów z formy dźwiękowej do formy tekstowej prowadzi do tego, że zamiast „ręcznego” szukania określonej wypowiedzi w długim nagraniu można polecić komputerowi wyszukanie określonego słowa w tekście – co jak wiadomo może być wykonane szybko i całkowicie automatycznie.

Ogólny przegląd treści opiniowanej pracy mgr inż. Łukasza Brockiego skłania do sformułowania **pozytywnych** wniosków. Autor dobrze postawił zadania naukowe i zapewne dobrze je rozwiązał, chociaż muszę z żalem dodać, że fatalnie to opisał. Dokonam teraz szczegółowego przeglądu zawartości pracy, pokazując zarówno to, dlaczego uważam, że uzyskano wartościowy wynik naukowy, jak i to, dlaczego twierdzę, że fatalnie to opisano.

Przegląd i ocena szczegółów pracy

Oryginalność opiniowanej pracy mgr inż. Łukasza Brockiego polega na tym, że skupił on uwagę na jednym (zdecydowanie nowoczesnym!) narzędziu (koneksjonistycznym modelu języka polskiego) i pokazał korzyści, jakie można uzyskać stosując to narzędzie w kontekście zadań związanych z analizą mowy polskiej dla potrzeb jej rozpoznawania.

W kolejnych rozdziałach ocenianej rozprawy dostrzegam następujące atuty, składające się w sumie na moją finalną, zdecydowanie pozytywną ocenę dyskutowanej rozprawy:

W rozdziale 1. (Wprowadzenie) doceniam zwarte i konkretne przedstawienie celów i tez rozprawy. Rozdział ten nie zawiera jednak żadnych dających się wskazać wyników naukowych, jest więc wyłączony z dalszych rozważań.

W rozdziale 2. cenię profesjonalnie przygotowany i dobrze zaprezentowany przegląd zagadnień związanych z rozpoznawaniem mowy. Widać z niego, że dr Brocki zna współczesną literaturę na temat rozpoznawania mowy i że potrafi z tej wiedzy korzystać. Rozdział ten nie zawiera jednak także (podobnie jak rozdział 1) elementów oryginalnych, będących własnym wkładem Autora do uprawianej dyscypliny naukowej.

Rozdział 3 przynosi koneksjonistyczny model języka. Kluczem do niego jest rozproszona reprezentacja słów, która pozwala na wyznaczenie przez sieć neuronową kontekstowego prawdopodobieństwa słowa występującego w danym momencie na podstawie słów, które wystąpiły wcześniej. Ten pomysł bywał wprawdzie sygnalizowany w pracach niektórych innych autorów, ale w ocenianej pracy mgra Brockiego został on konsekwentnie rozwinięty, co osobiście oceniam jako oryginalny wkład doktoranta do uprawianej dyscypliny naukowej. Niestety nie potrafię jednak ocenić, czy zaproponowany model został przez Doktoranta poprawnie zastosowany, ponieważ w przedstawionej dyskusji zabrakło dokładnego określenia zawartości wektorów Cw_i , bez czego cała konstrukcja przedstawianego wywodu niejako „wisi w powietrzu”. Szkoda także, że przywoływane w tym rozdziale tabele wyników (poddawane dyskusji w podrozdziałach 3.12 i 3.13 nie prezentują wyników badań prowadzonych przez mgra Brockiego na gruncie języka polskiego tylko opisują wyniki uzyskane przez innych autorów na korpusie słów języka angielskiego (tzw. korpus Browna oraz korpus AP News).

W rozdziale 4 zaprezentowano koneksjonistyczny model języka z nieograniczonym kontekstem. Z pewnym niepokojem odnotowałem fakt, że Autor zmierza w tym miejscu do zastosowania sieci rekurencyjnych w miejsce sieci jednokierunkowych. Mam poważne wątpliwości, czy ta koncepcja jest rzeczywiście poprawna i trafna. Każdy, kto zna kłopoty jakie wiążą się z użyciem rekurencji w sieciach neuronowych (brak zbieżności rozwiązań, pojawianie się samowzbudnych

przebiegów oscylacyjnych lub chaotycznych itp.) natychmiast się od takiego pomysłu odżegna, chociaż rzeczywiście takie podejście umożliwia dość swobodne rozciąganie uwzględnianego przy analizie kontekstu. Kwintesencją rozważanego tu rozdziału jest podrozdział 4.4, w którym **nareszcie** Doktorant powołuje się na wyniki własnych badań. Piszę „nareszcie”, bo we wcześniejszych partiach rozprawy obserwowałem z rosnącym niepokojem, że mgr Brocki opisywał i dyskutował wyniki pochodzące z literatury – ciekawe i niewątpliwie godne przedyskutowania, ale nie wnoszące odpowiedzi na kluczowe w kontekście nadania stopnia naukowego pytanie, **co właściwie Doktorant sam zbadal i na jakimi własnymi wynikami wzbogacił wiedzę na wybrany temat?**

Odpowiedź na to nurtujące pytanie znajduje się w podrozdziale 4.4, który jednak w związku z tym powinien być znacznie obszerniejszy i znacznie dokładniej przedstawiający szczegóły, niż to ma miejsce w aktualnej wersji pracy. Doktorant w tej części pracy opierał się na znanym mi korpusie słów języka polskiego stworzonym w IPI PAN, z którego umiejętnie wybrał zbiór uczący, testowy i walidacyjny dla potrzeb uczenia i egzaminowania tworzonych sieci neuronowych. Z dalszego opisu wynika, że utworzono i przebadano trzy modele: dwie sieci neuronowe (jednokierunkową i rekurencyjną) oraz model HTK. Niestety o strukturze używanej sieci rekurencyjnej nie wiadomo praktycznie nic. Nie wiadomo zwłaszcza, jakie cechy stanowiły charakterystyki rozważanych słów (wiadomo tylko, że było ich 50 i że miały formę liczb rzeczywistych) a tymczasem to jest w rozważanych badaniach czynniki o kluczowym znaczeniu.

W odniesieniu do sieci jednokierunkowej podano odrobinę więcej szczegółów (na przykład to, że miała ona ponad milion wag synaptycznych), ale tu także brak danych na temat natury wejść i sposobów ich wyznaczania stanowi zasadniczą trudność przy próbach oceny tego, co Doktorant w istocie zrobił. Na marginesie dodam, że w stosunku do innych znanych mi prób użycia sieci neuronowych do rozwiązywania różnych zadań praca mgra Brockiego wyróżnia się tym, że używane przez Niego sieci mają **monstrualną** liczbę wyjść: przy 50 sygnałach wejściowych i 100 neuronach ukrytych - warstwa wyjściowa zawierająca 10.508 neuronów jest czymś absolutnie niespotykanym. Z tego też względu byłoby ogromnie ciekawe uzyskanie informacji o tym, jak taka sieć się zachowywała? Zapewne była bardzo trudna podczas uczenia, o czym świadczy fakt, że zastosowano bardzo mały współczynnik uczenia rzędu 10^{-7} , w wyniku czego

trening sieci zajął – jak podano w pracy – 16 dni (na wielokomputerowym klastrze!). Byłoby ciekawe uzyskanie komentarza Autora, czym było podyktowane założenie, że proces uczenia będzie aż tak bardzo powściągliwy? Niestety, na to i na wiele innych pytań nasuwających się przy studiowaniu podrozdziału 4.4 nie znalazłem odpowiedzi, więc przyznam się, że opuszczałem ten fragment pracy, zdecydowanie najbardziej dla mnie interesujący, z uczuciem głębokiego niedosytu.

Rozdział 5 odwołujący się do procesu rozpoznawania mowy znowu wprowadził sytuację, w której Doktorant najpierw długo opisuje to, co zrobili inni autorzy. Opisuje proces wyszukiwania hipotez (zgadzam się z Autorem, że to chyba najlepsza nazwa), opisuje wykorzystanie drzew leksykalnych, oraz wprowadza faktoryzację prawdopodobieństw modelu języka, przy czym początkowo są to opisy tego, co zrobili **inni**, ciekawe, ale bezwartościowe z punktu widzenia konieczności oceny, co jest własnym dokonaniem Autora i co (w konsekwencji) może być podstawą do nadania Mu stopnia naukowego. Na szczęście poczynając od podrozdziału 5.5. Autor proponuje własną metodę faktoryzacji, której wykonycypowanie a następnie przebadanie stanowi właśnie ten poszukiwany i oczekiwany wartościowy i oryginalny wkład do uprawianej dziedziny wiedzy. **Oceniam go zdecydowanie pozytywnie.**

Pozytywnie oceniam też wykonany przez Doktoranta eksperyment, przeznaczony dla oceny szybkości działania systemu rozpoznawania z modelem języka w postaci tradycyjnej i w postaci modelu koneksjonistycznego, będącego główny wynikiem naukowym ocenianej pracy. Mimo generalnie pozytywnej oceny tej części pracy mam wiele niejasności co do tych części systemu rozpoznającego, które nie wiążą się bezpośrednio z modelem języka. Mam niestety te wątpliwości, gdyż właściwie jedyny parametr, jaki Autor podaje na temat budowy warstwy akustycznej i fonetycznej badanego systemu rozpoznawania mowy, to częstość próbkowania sygnału (8000 Hz). Natomiast na temat sposobu preparowania sygnału akustycznego (np. ilubitowa była reprezentacja próbek? czy sygnał wymagał filtracji? czy stosowano preemfazę? itp.), a zwłaszcza na temat parametrów fonetycznych i akustycznych używanych do rozpoznawania – nie ma ani słowa! Podobnie Autor nic nie mówi na temat segmentacji sygnału mowy ciągłej na fonemy (co zawsze jest źródłem wielu problemów) tudzież na temat nieliniowej

normalizacji czasowej sygnału. W sumie znowu najważniejsze elementy techniczne, mogące wpływać na ocenę pracy, są niedostępne dla recenzenta.

Nie chcąc kwestionować rozprawy przyjmuję, że odpowiednie działania na płaszczyźnie akustycznej i fonetycznej zostały wykonane w jakiś rutynowy sposób (zapewne wykorzystano LPC albo parametry mel-cepstralne) i skupiam uwagę głównie na wyniku pokazującym porównanie modeli językowych określonych jako „standardowy” i „autorski” (patrz str. 78 rozprawy). Wprawdzie przytoczona tabela 7 zawiera dość tajemniczą kolumnę określoną jako „wszystko inne”, zaś główny parametr, jakim jest prędkość jest podana w jakichś niezbyt zrozumiałych jednostkach (nie wiadomo nawet, czy większa wartość to lepiej, czy gorzej?), ale w sumie jestem skłonny uznać, że **teza pracy została wykazana**.

Uwagi dyskusyjne

Jak już wyżej wspomniano, generalnie wartość naukową pracy oceniam pozytywnie. Mam jednak zastrzeżenia do sposobu zaprezentowania wyników (co przedstawiłem wyżej), a także pewną liczbę uwag dyskusyjnych, które przedstawiam poniżej.

Po pierwsze odnotuję, że Autor przecenia trochę stopień biologicznej wierności modeli koneksjonistycznych w postaci sztucznych sieci neuronowych. Stwierdzenia (strona 20) „*Sztuczne sieci neuronowe (SNN) cechuje to, że w działaniu są bardzo podobne do swych biologicznych odpowiedników*” dają się **sfalsyfikować** poprzez przytoczenie kilkudziesięciu (co najmniej!) cech biologicznych neuronów i naturalnych struktur nerwowych, których sztuczne sieci neuronowe (krańcowo uproszczone i mające wiele cech narzuconych arbitralnie) absolutnie nie posiadają. Nieprecyzyjne jest także stwierdzenie (z tej samej stronicy) „*Podstawową cechą SNN jest zdolność do generalizacji otrzymywanych bodźców od środowiska*”. Sieci rzeczywiście generalizują, ale nie bodźce od środowiska, tylko wiedzę nabywaną w procesie uczenia. Takich lapsusów dostrzegam więcej, nie chcę jednak zamieniać tej recenzji w erratę opiniowanej pracy, więc jedynie sygnalizuję w sposób ogólny, że niektórym stwierdzeniom Doktoranta na temat sieci neuronowych brakuje trochę precyzji.

Po drugie nie widzę związku pomiędzy kwestią nieliniowego skalowania czasowego, diskutowanego na stronie 51 i ilustrowanego na rysunku 4, a koneksjonistycznym modelem języka z nieograniczonym kontekstem. Wydaje się, że ta „wycieczka” Doktoranta do zagadnień fonetyki akustycznej w sytuacji, gdy całość pracy operuje na poziomie modelu językowego całych słów – jest jakimś dysonansem.

Po trzecie wysoce podejrzana wydaje się wartość współczynnika uczenia $\alpha_0 = 10^3$ podana we wzorze (3.14). Niestety autor nie podał wcześniej formuły, w której ten współczynnik uczenia by występował, więc w gruncie rzeczy nie wiadomo, o jakim współczynniku mowa, ale opisywane w literaturze a także używane w moich własnych badaniach typowe współczynniki uczenia sieci neuronowych mają wartości rzędu najwyżej 10^{-1} . Co więcej, mam teoretyczne dowody oraz empiryczne przykłady, że zbliżenie się wartości współczynnika uczenia do **jedynki** prowadzi nieuchronnie do niestabilności procesu uczenia i do utracenia gwarancji jego zbieżności. Dlatego współczynnik uczenia rzędu 10^3 jest dla mnie czymś absolutnie horrendalnym. Wyjaśnienie tego paradoksu polega zapewne na tym, że mgr Brocki pod nazwą współczynnik uczenia (*learning rate*) rozumie coś całkiem innego niż to, co się pod tym terminem rozumie powszechnie – ale w takim przypadku powinno to być bardzo dokładnie wyjaśnione.

Praca ma także kilka usterek redakcyjnych.

- Na stronie 35 poniżej wzoru (3.6) podano oznaczenie net_k , podczas gdy poprawnie powinno być e^{net_k} .
- Na stronie 45 Autor przywołuje pojęcie „**momentu pędu gradientu**” co jest konstrukcją słowną całkowicie błędną i nigdzie nie spotykaną. Chodzi zapewne o tak zwane *momentum*, używane niekiedy do korygowania gradientowych algorytmów uczenia sieci neuronowych. Jednak współczynnik ten (*momentum*) pozostawiany jest w większości polskich opracowań na temat sieci neuronowych w oryginalnym brzmieniu angielskim, zaś gdy jest tłumaczony poprawnie na język polski to nazywa się po prostu *pęd* (jest to jedno z fundamentalnych pojęć mechaniki). W żadnym wypadku nie powinien być on mylony z *momentem pędu* (nazywanym również *krętem*), a także nie powinien być wiązany z **gradientem**, któremu jest w istocie **przeciwstawiany** (bo taka jest jego rola przy uczeniu sieci neuronowych).

- Autor nadużywa pisowni złożonych wielowyrazowych fraz z wyróżnianiem wielką literą każdego wyrazu. Dotyczy to w szczególności tytułu całej rozprawy i tytułów poszczególnych jej rozdziałów. Taki sposób pisania jest obcy polskiej tradycji typograficznej i raczej nie powinien być stosowany. Co innego, gdyby praca była publikowana w języku angielskim, gdzie zastosowana przez Doktoranta pisownia rzeczywiście jest w użyciu.

Podsumowanie opinii i wniosek końcowy

Przytoczone wyżej uwagi polemiczne oraz spostrzeżenia redakcyjnej natury nie kwestionują zasadniczych osiągnięć Doktoranta. Stwierdzenie tego faktu skłania mnie do sformułowania pozytywnego finalnego wniosku tej recenzji. Według mojej oceny opiniowana praca spełnia warunki ujęte w odnośnej Ustawie (*Ustawa o stopniach naukowych i o tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku, Dziennik Ustaw Nr 65, poz. 595*), **wnioskuję zatem o przyjęcie pracy jako rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie jej autora, mgr inż. Łukasza Brockiego, do jej publicznej obrony.**

