

Recenzja rozprawy doktorskiej

Piotra Sobeckiego

pt. *The use of domain knowledge in methods of
computer-aided prostate cancer diagnosis*

Prof. dr hab. inż. Robert Cierniak
Politechnika Częstochowska
Katedra Inteligentnych Systemów Informatycznych

Częstochowa, 13 czerwca 2022r.

Niniejsza recenzja została przygotowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Warszawskiej pismem z dnia 12 kwietnia 2022 roku.

Ocena rozprawy doktorskiej

1. Uwagi wstępne

Zakres recenzowanej rozprawy doktorskiej Pana mgra Piotra Sobeckiego dotyczy opracowania technik przetwarzania obrazów w zastosowaniu do komputerowego wspomaganie diagnostyki medycznej konkretnego przypadku medycznego, tj. raka prostaty. Należy podkreślić, że zakres badawczy ujęty w tej pracy dotyczy niszowej dziedziny w postaci jednej jednostki chorobowej, która jednak stanowi poważny problem, zarówno w kontekście medycznym (różnorodność form obrazu raka prostaty, złożoność terapeutyczna), jak i społecznym (obejmowanie znacznej liczby populacji mężczyzn, w tym aktywnych zawodowo), a przez to również finansowym (znaczne obciążenie budżetu państwa kosztami leczenia). Stosunkowa hermetyczność zastosowania rezultatów badań, które zostały przeprowadzone przez Doktoranta nie ujmuje jednak istotności prowadzonych poszukiwań badawczych, gdyż niszowe zastosowania stanowią w wielu przypadkach znaczące składowe dobrobytu danego kraju. Należy zatem uznać starania naukowe i inżynierskie Doktoranta, które są ujęte w Jego pracy za w pełni umotywowane.

Wysiłki doktoranta ukierunkowane były przede wszystkim na zbadanie możliwości użycia podejść z zakresu tzw. inteligentnych systemów obliczeniowych (AI) dla wykorzystania wiedzy dziedzinowej z obszaru diagnostyki raka prostaty do wspomaganie sporządzania ustrukturyzowanych raportów z obrazowych badań radiologicznych, usystematyzowanych poprzez przyjęte w świecie normy. Takie ujęcie celów niniejszej pracy ma pozwolić na zmniejszenie liczby mylnie interpretowanych opisów diagnostycznych, powstałych wskutek ich niedoprecyzowania, co w konsekwencji często doprowadza do podejmowania błędnych procedur terapeutycznych lub ich zaniechania w przypadkach, w których powinny one zostać zastosowane. Z punktu widzenia medycznego, zaprezentowane w pracy badania odnoszą się do rzeczywistych potrzeb klinicznych i mogą spotkać się z szerokim zainteresowaniem środowiska lekarskiego.

Z kolei z punktu widzenia technicznego, zastosowane przez Doktoranta podejścia w wielu aspektach mają charakter nowatorski, zwłaszcza te, które odnoszą się do rozwiązywania problemów o charakterze praktycznym, w odniesieniu do tematyki prowadzonych przez Niego badań. Znaczna część problemów, do których musiał odnieść się Doktorant w swojej pracy są bardzo złożone i niełatwo poddają się one opisowi analitycznemu, stąd potrzeba zastosowania niestandardowych podejść. W takim sensie badania przedstawione w tej pracy dotyczą bardzo trudnych koncepcyjnie zagadnień, które dotyczą praktycznych zastosowań opracowywanych metod, w sytuacji istnienia obiektywnych trudności metodologicznych i technicznych. Badania przeprowadzone przez Pana Piotra Sobeckiego wychodzą naprzeciw powyższym uwarunkowaniom, w szczególności w odniesieniu do opracowania przede wszystkim wiarygodnych i do tego ergonomicznych metod wspomaganie formułowania raportów (opisów) z badań obrazowych.

Opisane w opiniowanej pracy doktorskiej badania zawierają kilka kierunków badawczych i rozwiązań, które stały się kanwą, na której opierają się osiągnięcia Pana Piotra Sobeckiego, służących do wyjścia naprzeciw powyżej naszkicowanym potrzebom praktycznym. Doktorant w trakcie prowadzonych i opisywanych badań stosował w każdym przypadku elastyczne podejście do danego wyzwania, uzależniając zastosowane podejście od specyfiki danego problemu. Naturalnie wymagało to twórczego podejścia do poszczególnych problemów.

Konstatując powyższe, problem badawczy, przed którym stanął Doktorant należy uznać za wymagający na wielu płaszczyznach, naukowych i konstruktorskich, dotycząc dwóch dyscyplin, tj. informatyki i medycyny. Jednak największy wkład twórczy został wniesiony przez Doktoranta w zakresie informatyki, plasując Jego pracę zdecydowanie w ramach dyscypliny informatyka stosowana i telekomunikacja, a wartość Jego wkładu w obszar

medycyny posiada znacznie mniejszą wagę niż w przypadku dyscypliny wiodącej. Jakkolwiek należy zaznaczyć, że problem medyczny, którego dotyczy niniejsza praca doktorska stanowi duże wyzwanie dla praktyków klinicznych, co zostało w wyraźny i przekonujący sposób opisane przez Doktoranta w swojej pracy.

2. Zawartość rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska Pana mgra Piotra Sobeckiego pt. *The use of domain knowledge in methods of computer-aided prostate cancer diagnosis* została napisana w języku angielskim i zajmuje w sumie 138 stron. Składa się z części zatytułowanej *Wprowadzenie* (ang. *Introduction*), dwóch zasadniczych rozdziałów oraz z dwóch rozdziałów podsumowujących, zatytułowanych jako *Dyskusja* (ang. *General discussion*) oraz *Wnioski* (ang. *Conlucions*). *Wykaz literatury* obejmuje 137 pozycji literaturowych. Do pracy dołączono również wykaz rysunków i tabel, oraz skrótów użytych w pracy. Praca została wzbogacona również o dwa dodatki.

W Rozdziale 1., stanowiącym wstęp do pracy, zawarto krótko opis dziedziny, której dotyczą zaprezentowane w dysertacji rozważania badawcze, tj. krótkie wprowadzenie do problematyki patologii prostaty w postaci raka tego narządu męskiego. W rozdziale tym zobrazowano pokrótce, ale w przekonujący sposób, medyczne aspekty związane z rakiem prostaty i jego społeczny wymiar, w szczególności oddziaływanie demograficzne. Następnie Doktorant argumentuje w swojej pracy potrzebę wprowadzenia standaryzowanych opisów badania obrazowego (mpMRI) pod kątem wykrywania raka prostaty. W bardzo racjonalny sposób osadza On swoje badania w ogólnoświatowy trend, aby raporty z danego typu badania odpowiadały pewnym zobiektywizowanym zasadom. Tego rodzaju zabieg ma na celu poprawę rezultatów w walce z daną patologią. W przypadku raka prostaty ma spowodować zmniejszenie się liczby przypadków podejmowania niepotrzebnych procedur medycznych (dość ryzykowanych zabiegów biopsji i kosztownych procesów leczenia), kiedy jest to w rzeczywistości niepotrzebne, a z drugiej strony zmniejszenie liczby przypadków, w których takich procedur nie podejmuje się. Powyższe dysfunkcje zdarzają się często w wyniku niejednoznaczności interpretowanych przez lekarzy prowadzących opisów badań obrazowych, przeciwko czemu wymierzone są właśnie wysiłki Doktoranta. Jako punkt wyjścia do dalszych wysiłków badawczych przyjął On standard PI-RADS, jakkolwiek wprowadza on tylko ustrukturyzowaną postać takiego opisu, bez unifikacji używanych w raporcie wyrażen. Doktorant zarysował w tej części zarys koncepcji systemu, który zbudował On w ramach swojej pracy. Otóż jako mechanizm wspomagający pracę osoby sporządzającej opis badania

obrazowego Doktorant zaproponował wirtualnego agenta, którego wspomaga sztuczna inteligencja. W głównej mierze polega to na wykorzystaniu wzorców raportów z baz danych do opanowania procedur tworzenia takich opisów, czerpiąc jednocześnie z leksykonu wyrażeń używanych standardowo w trakcie tworzenia standardowo ustrukturyzowanych opisów, klarownych atrybutów i właściwych dla dziedziny wartości. Celem tworzenia tego mechanizmu jest nieustające nadzorowanie pracy osoby interpretującej badanie MRI, wyprzedzanie jej działania w sensie generowania propozycji użycia katalogowych sformułowań, nadzorowania poprawności tworzonego opisu, eliminując jednocześnie subiektywność zapisów w zmaksymalizowany sposób. Tym właśnie problemem zajął się głównie w swojej pracy Doktorant.

Rozdział 2. stanowi jedną z dwóch części niniejszej pracy doktorskiej, które niosą ze sobą właściwy dorobek naukowy Doktoranta. W tym konkretnie rozdziale zajmuje się On wykazywaniem, że cechy opisu ujęte w schemacie PI-RADS mogą służyć jako deskryptory dla wspomaganie diagnostyki raka prostaty. Wykonano porównanie uzyskanych rezultatów z ocenami wydawanymi przez ekspertów radiologów, zarówno doświadczonych, jak i niedoświadczonych. W ramach eksperymentów naukowych związanych ze zweryfikowaniem celów badawczych przeprowadzono szereg doświadczeń i wyciągnięto odpowiednie do ich rezultatów wnioski.

Rozdział 3. to opis procesu budowy systemu asystenta do wspomaganie sporządzania opisów badań obrazowych MRI. Oczywiście rzeczą jest, że użyto w tym celu struktury takiego dokumentu opisanego poprzez standard PI-RADS. Ocenę przydatności zbudowanego systemu dla pracy w warunkach klinicznych powierzono ekspertom radiologom.

Rozdział 4. to obszerna dyskusja nad uzyskanymi wynikami naukowymi i technicznymi, jak i perspektywami rozwoju dla obranego kierunku badań.

Rozdział 5. pod nazwą *Wnioski (Conclusions)* to część pracy, gdzie znalazło miejsce podsumowanie uzyskanych w trakcie prowadzonych badań wyników, które potwierdziły słuszność tez postawionych na wstępie tej dysertacji.

3. Ocena pracy

W mojej ocenie recenzowana praca Pana Mgra inż. Piotra Sobeckiego posiada zarówno znaczącą wartość naukową, jak i godny uwagi charakter aplikacyjny, gdyż prezentowane w ramach niniejszej dysertacji rozwiązania znalazły bezpośrednie zastosowanie w konkretnej implementacji medycznej. Nasuwa się nieodparte wrażenie, że Doktorant musiał wcześniej

przejsć dość głębokie studia nad dziedziną problemu w postaci problematyki badania i diagnostyki w kierunku raka prostaty, co znajduje swoje odzwierciedlenie w wielu miejscach w treści pracy.

W moim przekonaniu największą wartość merytoryczną w pracy posiadają Rozdziały 2 i 3, gdzie omówiono autorskie rozwiązania służące właśnie wspomaganie procesu diagnozowania raka prostaty z wykorzystaniem techniki obrazowania medycznego określanego jako mpMRI. Wspólnym mianownikiem dla rozwiązań proponowanych przez Doktoranta w obu tych rozdziałach jest ta sama rozważana jednostka chorobowa (rak prostaty), zastosowanie elementów sztucznej inteligencji i ten sam mod wykorzystywanej w procesie diagnostycznym techniki (mpMRI). Jednak te dwie części pracy różnią się jednocześnie między sobą w zasadniczy sposób.

W pierwszym przypadku Doktorant obrał sobie za cel zbudowanie mechanizmu diagnozowania raka prostaty na podstawie badania techniką mpMRI. W tym zakresie słusznie ustalono, że aby ten cel zrealizować należy przede wszystkim wyekstrahować cechy opisujące rezultat powyższego badania, które pozwalałyby w najbardziej efektywny sposób dokonywać detekcji raka prostaty. Rozdział ten zaczyna się od dogłębnej analizy literatury dotyczącej tego zagadnienia, z której wynika, że istnieje szereg poważnych trudności na drodze do stworzenia niezawodnego automatu wspomagającego diagnostykę przedmiotowego typu raka. W tej liczbie można wymienić przede wszystkim brak określenia jednoznacznego sposobu ustalania tzw. *ground truth* (prawidłowych interpretacji) dla rozważanych przypadków medycznych, ale również problem z ustaleniem uznawanego przez wszystkich tzw. *benchmarku* (powszechnie uznawanego za wzorcowy zestaw przypadków, za pomocą którego można porównywać uzyskiwane rezultaty). Jak można się również domyślać, brak jest również metody, uznawanej przez wszystkich za referencyjną, tzw. *gold standard*. W tych warunkach Kandydat przystąpił do sformułowania metodologii badawczej, w ramach której natknął się On na specyficzne problemy naukowe i inżynierskie, z którymi sobie poradził zgodnie z zasadami stosowanymi w nauce. Bardzo wyczerpująco wszystkie dokonania Doktoranta zostały podparte eksperymentami, które zaprojektowane zostały w sposób metodyczny i przemyślany. W swoich eksperymentach Doktorant wykorzystał tzw. *benchmark* udostępniony przy okazji przeprowadzanego konkursu (ang. *challenge*), a jako miarę uzyskiwanych rezultatów obrał On analizę linii ROC i obliczanej na jej podstawie parametru AUC. Pozwoliło to na odniesienie uzyskiwanej dokładności z innymi podejściami z użyciem automatów, jak również z udziałem ekspertów (radiologów).

Doktorant sformułował interesującą ścieżkę postępowania w formułowaniu klasyfikatora podejmującego decyzje w oparciu o zestaw cech opisujących dany przypadek medyczny, a w jej ramach kilka nowoczesnych i atrakcyjnych podejść algorytmicznych, które pozwalały na dostosowanie mechanizmów do napotkanego typu problemu. W pierwszym kroku określił On dwa prototypy konfiguracji atrybutów, które mogłyby być brane pod uwagę przy budowie docelowego klasyfikatora. Następnie zweryfikowano trafność doboru z użyciem odpowiednio dobranej struktury sieci neuronowej. Szkoda tylko, że Doktorant nie przedstawił w swojej pracy procesu wyboru tego klasyfikatora spośród innych możliwości i doboru parametrów tegoż rozwiązania, co uwiarygodniłoby finalny efekt meandrów Jego poszukiwań badawczych. Następnie praca skupiła się nad doбором odpowiednich metod pre-processingu, by finalnie dotrzeć do etapu wyboru cech z zakresu określeń pochodzących ze słownika zastosowanego wraz ze schematem PI-RADS. Aby dokonać weryfikacji zasadności doboru zestawu deskryptorów dla budowanego klasyfikatora Doktorant zdecydował się na zastosowanie algorytmu *k-nearest neighbours*. Wątpliwość w tym momencie wzbudza tryb tego rodzaju decyzji, gdyż nie wskazano w pracy żadnych podstaw merytorycznych dla tego rodzaju wyboru klasyfikatora w tym zastosowaniu. Dobór optymalnego zestawu cech powierzono z kolei algorytmowi genetycznemu, również bez podania motywacji dla tego wyboru i zbadania innych alternatywnych podejść dla napotkanego tutaj tzw. problemu *feature extraction*.

Jako próbę zbudowania klasyfikatora podejmującego decyzję na podstawie jedynie obrazu mpMRI Doktorant zaprezentował w tym rozdziale sieć typu CNN, której struktura opiera się na znanej konstrukcji VGG. Kandydat dostosował tę strukturę do stawianego tutaj zadania, co zostało dokładnie opisane w pracy. Rodzi się jednak pytanie o to, czy inne konfiguracje konwolucyjnych sieci neuronowych nie mogły lepiej realizować tego zadania, co oznacza brak w pracy udokumentowania racjonalności podjętej decyzji o wyborze takiej właśnie struktury. Poza tym tytuł podrozdziału 2.1.2 sugeruje, że tylko w tym przypadku dokonano integracji wiedzy dziedzinowej w automacie (w tym przypadku sieci CNN), jak gdyby w przypadku podrozdziału 2.2.1 tego rodzaju zabiegu nie przeprowadzono, a wydaje się to niezgodne z efektami obu przedstawionych tam koncepcji.

W ramach weryfikacji eksperymentalnej zbudowanych automatów wykonano szereg badań komputerowych, które w przekonujący sposób zrecenzowały zamiary badawcze Doktoranta.

Na koniec Rozdziału 2. przeprowadzono bardzo wnikliwą dyskusję nad uzyskanymi wynikami, odnosząc się również do rezultatów uzyskanych w ramach konkursu o nazwie ProstateX, którego tematyka korespondowała z polem badawczym ujętym w tej części pracy.

W dyskusji tej nawiązuje się krótko do zagadnienia przeuczenia (overfittingu) i regularyzacji w procesie uczenia sieci neuronowych, nie wchodząc jednak w interesujące szczegóły tego zagadnienia. W szczególności nie podano metod użytych w tym zakresie (może na przykład popularna regularyzacja L1 lub L2), a przecież ma to fundamentalne znaczenie dla uzyskiwanych rezultatów.

Rozdział 3. zawiera opis środowiska stworzonego przez Doktoranta, które wspomaga sporządzanie raportów z badań obrazowych z wykorzystaniem zintegrowanego opisu formalnego. Struktura tego raportu bazuje na standardzie PI-RADS, a jego zastosowanie opiera się na wyznaczeniu określonych części i używaniu jedynie określonej skali wielkości wykorzystywanych do opisu rozważanych przypadków medycznych. Poza tym zapisywanie danych opisowych powinno ułatwiać szybkie i jednoznaczne filtrowanie tych danych w poszukiwaniu analogicznych przypadków. Oznacza to oczywiście konieczność używania ustandaryzowanej terminologii w sporządzanych raportach. Doktorant wybrał w tym zakresie użycie słownika RadLex. Doktorant w swojej pracy przeprowadził dogłębną analizę możliwości zastosowania narzędzi do wspomagania decyzji w trakcie sporządzania raportów i wybrał do swoich celów procedurę opartą o system CAR/DS. W procesie budowania tabel decyzyjnych Doktorant wprzął do współpracy ekspertów medycznych, którzy mieli doświadczenie w pracy z formatem PI-RADS i w iteracyjny sposób zbudowany został odpowiedni mechanizm. Doktorant skonstruował środowisko informatyczne, w którym wbudowano powyższy mechanizm i udostępnione je medykom do przetestowania. Dla wygodniejszego praktycznego wykorzystania środowisko to zostało udostępnione w postaci strony internetowej (platforma eRADS). Przeprowadzone eksperymenty, które miały zweryfikować przydatność skonstruowanego systemu w praktyce zostały sformułowane w sposób zgodny z logiką, i zawierały badania na przypadkach znanych (retrospektywne) i nowych (prospektywne). W pracach pomagali eksperci z doświadczeniem zawodowym i w pracy ze schematem PI-RADS. Wyniki eksperymentów poddano opracowaniom statystycznym.

Należy podkreślić, że zbudowane narzędzie wspomagające sporządzanie ustrukturyzowanych opisów znakomicie wpisuje się w potrzeby środowiska medycznego zajmującego się tytułową jednostką chorobową. Doktorant z dużym wyczuciem odniósł się do tych potrzeb i stworzył środowisko, które będzie z pewnością praktycznie przydatne. Pewien niedosyt stanowi fakt, że w procesie tworzenia tego systemu nie użyto bardziej złożonych mechanizmów z dziedziny metod obliczeniowych (tabele decyzyjne są stosunkowo prostym automatem). Na co warto wskazać, to umiejętności inżynierskie Kandydata, który

wykorzystywał w swoich badaniach zróżnicowane narzędzia informatyczne do zaimplementowania swojego rozwiązania.

Analiza głównych wątków badawczych zawartych w ocenianej tutaj pracy doktorskiej, z podkreśleniem własnego oryginalnego wkładu Doktoranta w powstanie prezentowanych metod wspomagania diagnozowania raka prostaty na podstawie danych medycznych (głównie badania obrazowego mpMRI), pozwala stwierdzić, że zaproponowane przez Niego rozwiązania stanowią wartościowy dorobek naukowy i techniczny, z podkreśleniem ich użyteczności. Należy podkreślić szeroką gamę umiejętności posiadanych przez Doktoranta, które pozwoliły na sformułowanie złożonych metod oraz twórczą adaptację znanych wcześniej podejść. Wyróżnić można elementy nowatorstwa w opracowanych podejściach, choć niektóre z nich wtapiają się w kompleks danego całościowego rozwiązania. Praca Doktoranta charakteryzuje się entuzjazmem jej twórcy, a jego wysiłki najwyraźniej skupiają się na chęci zastosowania uzyskanych wyników w praktyce klinicznej. W takim sensie pracę oceniam bardzo wysoko.

W stosunku do całości opracowania przedstawionego w niniejszej pracy doktorskiej wyczuwa się jednak pewien niedosyt związany z faktem braku praktycznego powiązania rezultatów przedstawionych w Rozdziale 2. z systemem opisanym w Rozdziale 3. Chodzi o niewkomponowanie w tenże system żadnego z automatów służących klasyfikowaniu danych medycznych związanych z przypadkami w kierunku diagnozowania raka prostaty. Rozumiejąc bariery formalne, ale również techniczne w takiej implementacji, odczuwalna jest jednak w pewnym stopniu niespójność tych dwóch części pracy, gdzie łączy je właściwie tylko dziedzina (diagnostyka rak prostaty) i zastosowanie schematu PI-RADS wraz ze słownikiem. Ten dysonans odnosi się również do faktu zastosowania w ramach dokonań opisanych w Rozdziale 2. mechanizmów zakresu AI i brak tego rodzaju metod w opracowanym systemie, który opisany jest w Rozdziale 3, co powoduje nierównowagę tych dwóch części. Jedną z nich jest opracowaniem *stricte* naukowym, druga w dużej mierze inżynierskim i medycznym - praktycznym.

Odrębna uwaga dotyczy sformułowanej przez Doktoranta tezy pracy, która została wykazana w części 1.4. W całości treść tam zamieszczona odnosi się do zakładanego efektu realizacji badań ujętych w tej dysertacji, ale brakuje tam zwięzłego (kompaktowego) ujęcia tych założeń, co znacznie ułatwiłoby rozeznanie w zagadnieniu.

Powyższe generalne uwagi krytyczne nie umniejszają jednak znaczenia przeprowadzonych przez Doktoranta badań w poszczególnych elementach składowych i ich znaczenia naukowego i praktycznego.

Godne skomentowania jest również strona redakcyjna pracy. W tym sensie praca jest przejrzysta, a Kandydat w systematyczny sposób wprowadza czytelnika w niuanse swoich rozważań, od naszkicowania dziedziny problemu i zagadnień podstawowych, przechodząc następnie do szczegółowego omówienia zbudowanych przez siebie eksperymentów naukowych. W ogólnym zarysie praca prezentuje metodologiczną poprawność pod względem scenariusza wprowadzania czytelnika w zagadnienia badawcze.

Następnym elementem pracy, który należy poddać ocenie to warsztat naukowy prezentowany przez Doktoranta. Generalnie warsztat ten jest na wystarczającym poziomie. Wywody zamieszczone w pracy są jasno przeprowadzone, a większość istotnych pojęć nie pozostaje bez wyjaśnienia. Jednakże w trakcie analizy zawartości pracy zauważono następujące nieliczne uchybienia i momenty dyskusyjne:

1. Na przestrzeni całej pracy rysunki są dość niewyraźne, a napisy w tabelach mało czytelne, co utrudnia analizę treści;
2. Str. 41: brak spacji przed referencją;
3. Str. 71: brakuje znaków interpunkcyjnych po wyliczaniu etapów;
4. Pytanie, w jaki sposób zostały określone wagi umieszczone w Tabeli 2.2.3?

co jednak nie zmienia ogólnie pozytywnego odbioru pracy pod względem edytorskim.

Na podkreślenie zasługuje obszerny wykaz pozycji bibliograficznych, które posłużyły Doktorantowi jako wsparcie w swoich poszukiwaniach badawczych.

Stwierdzam w tym miejscu, że praca Pana Piotra Sobeckiego zatytułowana: *The use of domain knowledge in methods of computer-aided prostate cancer diagnosis* uzyskała u mnie pozytywną ocenę i może **być przyjęta jako podstawa dopuszczenia do obrony pracy.**

Uwagi końcowe

Z uwagi na pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej Mgra inż. Piotra Sobeckiego uważam, że Kandydat do uzyskania stopnia naukowego doktora spełnia wymagania stawiane przez odnośne przepisy osobom ubiegającym się o ten stopień naukowy w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. **Stawiam wniosek o dopuszczenie Pana Mgra inż. Piotra Sobeckiego do obrony pracy doktorskiej.**

Robert Cierniak

