



Prof. dr hab. Maciej M. Sysło
Instytut Informatyki
Uniwersytet Wrocławski
ul. Joliot-Curie 15, 50-383 Wrocław

Wydział Matematyki i Instytut Informatyki
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
ul. Chopina 12/18; 87-100 Toruń



tel. 0-604515777; syslo@ii.uni.wroc.pl; syslo@mat.umk.pl; <http://mmsyslo.pl>

Wrocław, Toruń: 15 Stycznia 2016.

R e c e n z j a

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Agnieszki KUBACKIEJ

pt. *Wykorzystanie metod sztucznej inteligencji do wspomagania procesu kształcenia zdalnego*

*In education, I'm a very big believer in:
equal opportunity
as opposed to equal outcome*
[Steve Jobs, 1995]

W opiniowanej pracy Autorka przedstawia koncepcję **indywidualizacji**¹ kształcenia w środowisku platformy Moodle, na przykładzie wybranego kursu uczelnianego z zakresu algorytmów i struktur danych, w którym indywidualne cechy osoby uczącej się, brane pod uwagę w procesie indywidualizacji, są oceniane głównie na podstawie szybkości rozwiązywania i wyników testów na kolejnych etapach zajęć. Wykorzystuje przy tym głównie metody sztucznej inteligencji.

Zawartość pracy i jej ocena

Praca składa się z siedmiu rozdziałów, Wstępu, Wniosków i pięciu zasadniczych rozdziałów.

We Wstępie, na tle ogólnych rozważań o e-kształceniu (e-learningu), podany jest Cel pracy i jej Teza. „**Celem pracy jest utworzenie portalu dydaktycznego** służącego do edukacji zdalnej, umożliwiającego interaktywne kształcenie zorientowane na swoiste **potrzeby studenta** i pozwalającego na **indywidualizację procesu kształcenia**. Odbędzie się to w trzech etapach. W pierwszym z nich będzie miało miejsce monitorowanie aktywności użytkowników portalu edukacyjnego oraz analiza raportów z wyników zaliczonych przez nich testów. Drugi etap to budowa bazy danych opisującej poziom wiedzy studentów i umożliwiającej ich klasyfikację oraz gromadzenie danych na potrzeby klasyfikacji. Ostatnim, trzecim etapem będzie wykorzystanie zebranych danych przez narzędzie sztucznej inteligencji do prognozowania indywidualnych ścieżek kształcenia.” **Teza pracy:** Metody sztucznej inteligencji zastosowane w kształceniu zdalnym prowadzą do obiektywizacji oceny testów oraz umożliwiają generowanie indywidualnych ścieżek kształcenia.

Platforma e-Student i kurs *Algorytmy i struktury danych*

W rozdz. 4 jest opisana platforma e-Student w PWSZ w Krośnie i rozważania w tym i w dalszych rozdziałach odnoszą się do kursu/przedmiotu *Algorytmy i struktury danych* (AiSD) na kierunku informatyka. Mam dostęp do tego kursu, który aktualnie nie jest prowadzony. Jako gość nie mam jednak dostępu do treści lekcji, chociaż mam dostęp do testów. Lekcja jest wykładem, a więc z punktu widzenia dydaktyki, to część podająca lekcji. Według Autorki, materiał wykładu jest podzielony na trzy stopnie trudności, do czego, jako gość kursu, też nie mam dostępu. Mam dostęp do Sylabusu kursu, z którego mogę poznać spis modułów kursu na platformie.

Widoczny jest materiał powtórkowy – suche fakty (definicja i twierdzenia) – przygotowujące do testów wstępnych, ale do nich także nie mam dostępu.

¹ Wszystkie wyróżnienia pismem pogrubionym pochodzą od autora recenzji.

Nie potrafię więc ocenić, na ile został zrealizowany cel pracy: „**utworzenie portalu dydaktycznego** służącego do edukacji zdalnej, umożliwiającego interaktywne kształcenie zorientowane na swoiste **potrzeby studenta** i pozwalającego **na indywidualizację procesu kształcenia**.” Wnioskuje jedynie z dalszej części pracy, że na portalu zostały zaimplementowane mechanizmy, które umożliwiły Autorce indywidualizację² kształcenia – do samych mechanizmów także nie miałem dostępu.

Przebieg kursu

Kurs rozpoczyna się **Wstępną klasyfikacją studenta**, z zakresu czterech zagadnień, które według mnie mają jednak niewielki związek z przedmiotem AiSD (piszę o tym dalej). Wyniki tych testów Autorka przyjęła za kryterium podziału studentów na grupy zaawansowania na potrzeby dalszych zajęć.

Dalszy przebieg zajęć, to wykłady/lekcje i testy na platformie, zdawane po każdej jednostce tematycznej. Wyniki tych testów służą do dalszej modyfikacji przydziału studentów do grup.

Z opisu kursu, który z założenia ma przynieść studentom umiejętności praktyczne, nie wynika, że w trakcie kursu wykonują oni ćwiczenia programistyczne z implementacji poznanych algorytmów, co jest standardem w przypadku takich kursów, jak AISD. Autorka wspomina o ćwiczeniach (str. 51), z czego nie wynika, czy są to praktyczne zajęcia w pracowni komputerowej. W każdym razie poziom tych umiejętności nie jest sprawdzany i brany pod uwagę przy kolejnej modyfikacji przydziału studentów do grup zaawansowania. Wskazuje to na pewną **słabość e-kształcenia** w przypadku kursów/przedmiotów, których celem jest wykształcenie praktycznych umiejętności komputerowych.

Zbieranie danych o studentach

Uwaga w pracy jest zwrócona głównie na aktywność studentów na platformie. W odniesieniu do efektów kształcenia, bo takie należy przyjąć kryterium stosowania jakichkolwiek narzędzi, równie pożyteczne może być zapoznanie się studentów z materiałem lekcji – zwłaszcza, że jest to wykład – z podręczników poza platformą, jak również wykonanie ćwiczeń, zwłaszcza praktycznych przy komputerze ale poza platformą. Nie bardzo można zgodzić się z tezą (str. 59), że „aplikacja ... wyliczania czasu aktywności dla wszystkich zasobów kursu umożliwia sprawdzenie, ile czasu użytkownik poświęcił na **przyswajanie** konkretnego materiału. Tego typu informacje pozwalają ocenić **efektywność procesu kształcenia**.” Nie zdefiniowano jednak, co to jest efektywność kształcenia.

Rozdział 4 na temat algorytmu personalizacji dla platformy e-Student jest poświęcony głównie różnym mechanizmom tej platformy zbierania danych o uczestnikach kursu AiSD. Opisano różne tabele z danymi, gromadzonymi na platformie Moodle, służące następnie do klasyfikacji uczestników. Dane te dotyczą głównie czasu poświęconego na rozwiązanie testów i zdobytych ocen. Przyjęto bowiem za R. Tadeusiewiczem (2008), że podstawą klasyfikacji studentów będą wyniki testów i szybkość ich rozwiązywania (str. 60). Tutaj warto zwrócić uwagę, że obecnie nabiera sił ruch przeciwko „testomanii”, która faktycznie prowadzi do homogenizacji edukacji.

Klasyfikacja studentów

W rozdziale 5. Autorka przedstawia Moduł klasyfikacji wstępnej. Wykorzystuje w nim własne fragmenty oprogramowania. Rozważania teoretyczne są zilustrowane na przykładzie danych, odnoszących się do 197 studentów przedmiotu AiSD. Nie ma niestety żadnych informacji, jaka to grupa studentów, czy jest to na przykład jeden rocznik, który studiował według proponowanej w pracy klasyfikacji przez cały semestr. Klasyfikacja wstępna została przeprowadzona na bazie wyników testu wstępnego, odnoszącego się do czterech zakresów tematycznych. Nieco niepokojący jest fakt, że różne metody analizy skupień dostarczyły różnych, nie zawsze zadowolających wyników. Jednym z powodów może być na sztywno ustalona liczba grup. Pocięszające jest jednak, że wyniki komputerowej klasyfikacji w 93% były zgodne z opinią nauczyciela-eksperta. Osobiście, bardziej polegałbym na człowieku, niż na algorytmie i maszynie, jeśli jest tylko taki wybór.

Najobszerniejszy w pracy jest rozdz. 6, poświęcony Wykorzystaniu sztucznych sieci neuronowych do klasyfikacji. W tej pracy, do przydziału studentów na ścieżki kształcenia wykorzystano jednokierunkowe sieci wielowarstwowe uczone metodą nadzorowaną. Autorka najpierw przedstawia charakterystykę sieci neuronowych, na którą składają się: model neuronu, architektura sieci jednokierunkowej

² Odróżniam **indywidualizację** od **personalizacji**. Indywidualizacja jest na ogół mechanizmem zaimplementowany od strony platformy/portalu, zaś stopień personalizacji można określić dopiero na bazie porównania oferty platformy/portalu z oczekiwaniami i sylwetkami uczących się oraz z osiągnięciem **oczekiwanych przez nich** rezultatów, w szczególności edukacyjnych.

wielowarstwowej i uczenie się sieci wielowarstwowej. Następnie, wprowadzony aparat sieci neuronowych jest zastosowany do klasyfikacji (punkt 6.2), aby między innymi przypisać studentów do odpowiedniej ścieżki kształcenia w trakcie kursu³. Najwięcej miejsca zajmuje utworzenie i analiza różnych modeli sztucznych sieci neuronowych (punkt 6.2.1) z wykorzystaniem zbioru treningowego. Wybrane cztery sieci zostały następnie (punkt 6.3) zastosowane do klasyfikacji przykładowego zbioru 197 studentów i na tej podstawie wybrano najlepszą z utworzonych sieci do generowania ścieżek kształcenia na portalu e-Student. W punkcie 6.4 przedstawiono analizę ścieżek kształcenia studentów⁴ uczestniczących w zajęciach z AiSD. Podejrzewam, że duża liczba studentów zakwalifikowanych do najniższej ścieżki kształcenia (dla słabo przygotowanych) ma związek z rodzajem testu – wiedza z analizy matematycznej i rachunku prawdopodobieństwa nie jest niezbędna przy realizacji przedmiotu AiSD. Potwierdza to malejąca liczba studentów w grupie najsłabszych w trakcie trwania kursu (Tabela 13).

Podsumowania

Autorka podsumowała zasadniczą część pracy, dotyczącą klasyfikacji, uzasadniając słuszność swoich wyborów dwoma argumentami.

Po pierwsze, w cytowanych wynikach badań, zaobserwowano zmiany w kwalifikacji studentów na poszczególne ścieżki kształcenia (str. 103-104), wskazujące na wzrost poziomu zrozumienia materiału i osiągnięć (w testach). W trakcie kursu bowiem malała liczba studentów zakwalifikowanych do najniższej ścieżki kształcenia. Blisko połowa badanych studentów pozostawała na zaproponowanych dla nich na początku ścieżkach kształcenia, dla 12% studentów ścieżka kształcenia zmieniała się wielokrotnie, natomiast 25% studentów kwalifikowało się na wyższą ścieżkę kształcenia niż wynikało to z kwalifikacji wstępnej. Autorka nie podaje jednak, jaki był rozkład wyników końcowego testu w korelacji z przynależnością do grupy zaawansowania.

Z drugiej strony, większość studentów, w ankiecie przeprowadzonej po zakończeniu zajęć, wyraziło się pozytywnie o zaproponowanej im formie kształcenia (str. 46). Jednak pytania tej ankiety w większości odnosiły się do formy e-kształcenia czy mieszanej, a jedynie dwa dotyczyły indywidualnych potrzeb studentów, a żadne nie odnosiło się wprost do stosowanego systemu klasyfikacji, co przecież musiało być zauważone przez studentów, zwłaszcza tych zmieniających grupy zaawansowania.

Do wielu wniosków na str. 107-108 odniosłem się w innych miejscach tej opinii. Generalnie, przedstawione w pracy metody klasyfikacji studentów do grup zaawansowania stanowią rodzaj indywidualizacji, nawet jeśli tylko wyniki testów są brane pod uwagę. Autorka nie posłużyła się jednak żadnymi innymi parametrami/metodami klasyfikacji zwłaszcza tymi, które, z jednej strony, bardziej uwzględniają indywidualne cechy uczących się, a z drugiej – uwzględniają charakter przedmiotu (w przypadku AiSD: zadania otwarte, wyniki prac praktycznych). W wielu miejscach podsumowania Autorka używa określeń, które nie mają uzasadnienia: „oczekiwania osób uczących się i nauczycieli”, „oczekiwania studentów”, „preferencje edukacyjne studenta”, „indywidualne ścieżki kształcenia”. W punkcie 8 (str. 108) jest mowa o „analizie wyników kolejnych roczników studentów, co umożliwiło potwierdzenie wniosków”, w pracy brak jest jednak danych, które potwierdzają tę opinię.

Uwagi dotyczące kursu *Algorytmy i struktury danych*

Chociaż kurs AISD posłużył Autorce głównie jako przykład, na którym została sprawdzona i zilustrowana przedstawiona koncepcja indywidualizacji kształcenia, pozwalam sobie zamieścić kilka uwag dotyczących tego przedmiotu, wynikających z mojego długoletniego doświadczenia. Wielokrotnie bowiem prowadziłem zajęcia z przedmiotu AiSD, w kraju i na uczelniach zagranicznych (USA, Dania). Zaproponowany zaś przez Autorkę sylabus tego kursu i organizacja treści znacząco odbiegają od powszechnie przyjmowanego programu tego kursu.

Po pierwsze, nieuzasadnione wydają się być **wymagania wstępne**, zwłaszcza w przypadku tego kursu na poziomie licencjackim, a więc w przypadku, gdy studenci mają niskie przygotowanie z matematyki. Z drugiej strony, wymagania wstępne dla AiSD powinny być rozumiane jako ten zakres materiału, który jest niezbędny do realizacji sylabusu tego przedmiotu. Pobieżna analiza sylabusu

³ Zdanie na str. 89 u dołu, że „Treści [w kolejnych działach] mają odpowiadać indywidualnym potrzebom [studenta]” jest chyba na wyrost. Przydział studentów do ścieżek kształcenia jest na podstawie wyników testów, a te, trudno powiedzieć, by odpowiadały indywidualnym potrzebom studentów – te faktycznie nie są badane w przedstawionym modelu e-kształcenia.

⁴ Nieco mylące jest stwierdzenie na początku punktu 6.4, że „każdemu studentowi została przypisana **indywidualna** ścieżka kształcenia” – to zbyt piękne, by było możliwe. Studenci zostali podzieleni na trzy grupy.

tego przedmiotu w PWSZ w Krośnie pokazuje, że student nie korzysta z żadnego z działów analizy (granice ciągów i pochodne), ani z rachunku prawdopodobieństwa, które są przedmiotem wstępnych testów⁵. Jedyne w realizacji zaawansowanego programu AiSD, elementy analizy są wykorzystywane w metodach matematyki konkretnej, a rachunek prawdopodobieństwa pojawia się w probabilistycznej analizie algorytmów lub przy prezentacji algorytmów probabilistycznych. Na poziomie licencjatu, do badania złożoności algorytmów nie jest potrzebna ani analiza funkcji, ani probabilistyczna analiza funkcji złożoności, ani sięganie po model maszyny RAM, by liczyć złożoność praktycznych algorytmów, których implementacja nie schodzi do poziomu tej maszyny. Przedmiot AiSD wymaga zaś od studenta znajomości podstaw matematyki dyskretnej, niezbędnej przy konstruowaniu algorytmów, oraz metod programowania – do implementacji omawianych algorytmów.

Jak napisałem powyżej, na podstawie wyników takich testów wstępnych, trudno jest ocenić, jakie jest **faktyczne przygotowanie studentów do zajęć z przedmiotu AiSD**, a zwłaszcza przyjąć te wyniki za kryterium podziału studentów na grupy zaawansowania.

Z opisu kursu w tej pracy i na platformie, jak i z sylabusu, nie wynika, by studenci mieli w ramach AiSD jakiegokolwiek zajęcia praktyczne, poza platformą tego kursu, np. dotyczące komputerowych implementacji algorytmów. Chociaż w sylabusie czytamy, że celem jest: „uzyskanie umiejętności i pewnego doświadczenia w opracowaniu efektywnych algorytmów i programów.”, to jednak w kursie nie znajdują żadnych materiałów i poleceń związanych z tymi umiejętnościami. Można jedynie przeczytać, że „Każdy wykład ma również dołączony zestaw zadań do samodzielnego rozwiązywania”, ale jakie to są zadania, nie wiadomo. Ponadto, „Zaliczenie przedmiotu następuje na podstawie testów kończących każdy wykład (każdy test musi się zakończyć wynikiem pozytywnym). Ponadto warunkiem koniecznym do pozytywnego zaliczenia przedmiotu, jest pisemny egzamin w siedzibie uczelni.” A zatem ani słowa o uwzględnieniu w ocenie studentów praktycznej strony zajęć i ich umiejętności, czyli wykorzystania wiedzy o algorytmach i strukturach danych do samodzielnej realizacji algorytmów w postaci programów komputerowych.

Uwagi ogólne dotyczące personalizacji kształcenia

Zamieszczam tutaj uwagi ogólne, odnoszą się pośrednio do tej pracy, ale mające związek z przyjętym podejściem a w konsekwencji, także z wizją edukacji.

W rozdz. 2, Autorka podejmuje próby zdefiniowania, czym jest personalizacja i jest to np. „uwzględnienie zachowań i **oczekiwań** osoby korzystającej z danego portalu. Najważniejszą w personalizacji jest skierowanie w stronę użytkownika najważniejszych dla niego treści, produktów i usług.” (str. 19). Dalej jest mowa o personalizacji w terminach technicznych: „Personalizacja jest postrzegana jako połączenie technik *data mining* oraz uczenia się maszynowego do budowy modeli zachowań użytkownika, które następnie są wykorzystywane do przewidywania jego potrzeb.” (str. 26) Przepraszam, ale to trąci personalizacją w wydaniu sklepu internetowego, który sprzedaje cokolwiek. W większości określeń personalizacji jest mowa o spełnianiu oczekiwań uczącego się, ale w niewielkim stopniu te oczekiwania są badane – czy tylko po wcześniejszych wyborach i zachowaniu? To behawioryzm w czystej postaci, od którego staramy się odejść w erze technologii, chociaż technologia dostarcza znakomitych narzędzi, by go ukryć, na przykład pod płaszczykiem nauczania adaptacyjnego. W gruncie rzeczy jest to powrót do nauczania programowanego namaszczonego technologią.

A bliska powinna nam być idea Steva Jobsa – edukacja równych szans (*equal opportunity*), czyli takie same szanse w szkole powinien mieć uczeń, który podąża po drodze do Nagrody Nobla, jak i uczeń, który w szkole chce mieć święty spokój. To odnosi się bardziej do szkoły K-12 niż do uczelni, ale na studiach również mamy szalony rozrzut indywidualnych oczekiwań i możliwości uczących się.

Jeszcze jedna uwaga w charakterze ostrzeżenia – to fragment z jednego z moich artykułów (M.M. Sysło, Indywidualizacja kształcenia: idee, metody, narzędzia, w: Morbitzer J., Musiał E. (red.), *Człowiek, Media Edukacja, KTiME*, UP, Kraków 2012, 576-588.2012): „Technologia umożliwia dzisiaj tworzenie spersonalizowanych środowisk kształcenia, wyposażonych w odpowiednie mechanizmy motywujące, stymulujące i ułatwiające kształcenie, a przez to wzbogacające nauczanie i uczenie się. Środowisko to – „rękami” swoich agentów – może dostosować się (adaptować się) do bieżących potrzeb uczącego się, uwzględniając przy tym jego umiejętności i preferowany sposób i styl uczenia

⁵ Na stronach 72-73 Autorka powołuje się na zapis w Krajowych Ramach Kwalifikacji. Zjrzałem do tego dokumentu opublikowanego przez PWSZ w Krośnie. Nie znalazłem w nim jednak karty przedmiotu AiSD. Natomiast w programach i KRK przedmiotu AiSD w innych uczelniach nie spotkałem takich wymagań wstępnych.

się. Ale w tym środowisku, sterowanym bardzo złożonym programem, uczący się nie natrafi na przypadkową informację, która może być dla niego ciekawa lub na zapomnianą książkę, stojącą obok tej, po którą akurat sięga na półce, bo w tym programie tego nie przewidziano, chociaż te przypadkowe „spotkania” mogłyby mieć dużą wartość edukacyjną.

Personalizacja środowiska e-kształcenia faktycznie może powodować ograniczenie swobody informacyjnej [Gogołek, 2008], gdyż uczącemu się są podsuwane informacje najbardziej odpowiadające jego profilowi, z czego na ogół on skwapliwie korzysta, nie rozglądając się „na boki”, których faktycznie system mu nawet nie oferuje. Jest to więc swoisty rodzaj **wykluczenia informacyjnego**. Dochodzi także do bezkrytycznego przyjmowania podawanych informacji jako tych, które przecież zostały „właściwie dla mnie dobrane”. W dalszej konsekwencji, korzystanie z niemal gotowych wzorców postępowania i schematów myślenia odsuwa na plan dalszy kształcenie zdolności do podejmowania prób rozwiązywania sytuacji problemowych. Maleje również chęć podejmowania inicjatywy i realizacji własnych pomysłów, a w rezultacie – ograniczenie kreatywności uczących się. W ten sposób, krytyczne podejście do informacji i kreatywność – zaliczane do kompetencji kluczowych, niezbędne potrzebnych obywatelom XXI wieku – mogą nie być wspierane przez personalizację środowisk e-kształcenia.”

Powyższe uwagi ogólne, to raczej filozofia podejścia do kształcenia z wykorzystaniem technologii. Nie można jednak przechodzić obok tych kwestii bez refleksji, upajając się jedynie technologią i jej narzędziami. **Uczący się** powinni cały czas być **w centrum** naszej uwagi.

Konkluzja recenzji

Powyżej uzasadniłem wiele zastrzeżeń do opiniowanej pracy. Pomijając względy natury ogólnej, dotyczące personalizacji i e-kształcenia, praca powinna realizować zadeklarowany przez Autorkę cel: **„Celem pracy jest utworzenie portalu dydaktycznego** służącego do edukacji zdalnej, umożliwiającego interaktywne kształcenie zorientowane na swoiste **potrzeby studenta** i pozwalającego **na indywidualizację procesu kształcenia**.”

Ten cel nie został jednak w pełni osiągnięty, a przynajmniej nie potrafię odczytać go z pracy i potwierdzić wizytą na portalu edukacyjnym e-Student. Zamiast pełnego portalu edukacyjnego Autorka utworzyła, co dość dokładnie relacjonuje w pracy, narzędzia indywidualizacji poddając je weryfikacji na przykładzie zajęć z AiSD, jednak nie opracowanych w pełni, a przynajmniej nie udostępnionych w pełni na portalu e-Student.

Pozytywnie należy jednak ocenić, nawet jeśli założenia są dyskusyjne, zaproponowany mechanizm klasyfikacji studentów (w pewnym sensie indywidualizacji, ale daleki od personalizacji), którego prezentacja i uzasadnienie zajmują znaczącą część pracy. Ten mechanizm został pozytywnie odebrany przez studentów (w ankietach), a zwłaszcza, miał wpływ na zwiększone postępy uczących się na kolejnych etapach realizacji zajęć, co potwierdziły badania przeprowadzone przez Autorkę na grupie ponad 170 studentów.

Biorąc pod uwagę wszystkie aspekty opiniowanej pracy w konkluzji stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr Agnieszki Kubackiej pt. *Wykorzystanie metod sztucznej inteligencji do wspomaganie procesu kształcenia zdalnego* spełnia wymogi Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym i wnoszę o dopuszczenie Autorki do dalszego toku przewodu doktorskiego.



Prof. dr hab. Maciej M. Sysło