

INŻYNIERIA OBLICZENIOWA – NOWE PODEJŚCIE DO KSZTAŁCENIA INFORMATYCZNEGO

Piotr Bała
ICM, Uniwersytet Warszawski
Pawińskiego 5a, 02-106 Warszawa
bała@icm.edu.pl, <http://www.icm.edu.pl/studia>

Abstract. Computational engineering is a new master degree program run by the University of Warsaw. The program is a 3-semester course dedicated to the students with the engineering or master degree granted by the various technical and not only schools. Computational engineering studies are running since 2016 and has granted a master degree to the first groups of students. We will present details of a computational engineering program as well as analysis of its outcome according to the 3-year experience.

1. Wstęp

Inżynieria obliczeniowa to nowy, uruchomiony w 2016 roku kierunek studiów II stopnia prowadzony przez Uniwersytet Warszawski. Studia na kierunku informatyka są w Polsce bardzo popularne i prowadzone na wielu uczelniach zarówno w dziedzinie nauk matematycznych (głównie uniwersytety) jak i nauk technicznych (przede wszystkim uczelnie techniczne). Studenci informatyki stanowią najliczniejszą grupę w podziale na kierunki, liczba kandydatów na studia informatyczne od wielu lat oscyluje na poziomie kilku kandydatów na jedno miejsce i to biorąc po uwagę w miarę racjonalną ocenę szans dokonywaną na podstawie wyników egzaminów maturalnych.

Duża liczba studentów informatyki nie nadąża za zapotrzebowaniem rynku które znacząco przewyższa ilość absolwentów. Dodatkowo, zapotrzebowanie na informatyków jest różnorodne i zmienia się wraz z pojawianiem się nowych technologii. Niestety, kształcenie w tym zakresie nie nadąża za zapotrzebowaniem, co jest szczególnie widoczne w zakresie technologii związanych z symulacjami komputerowymi, obliczeniami wielkoskalowymi czy przetwarzaniem wielkich danych.

Od kilku lat w czołówce zapotrzebowania znajdują się technologie gridowe i chmurowe, wirtualizacja zasobów oraz zarządzanie dużymi infrastrukturami informatycznymi, w tym systemami składowania danych. W tym zakresie coraz istotniejsza staje się znajomość skalowalnych systemów plików czy zarządzanie rozproszonymi bazami

danych. Umiejętności te od szeregu lat uznane przez serwis LinkedIn za najbardziej poszukiwane na rynku pracy [2]. Niestety, technologie te są praktycznie nieobecne w polskim systemie kształcenia informatycznego. Zaledwie na kilku uczelniach prowadzone są zajęcia dotyczące technologii gridowych i chmurowych i to najczęściej w formie zajęć do wyboru obejmujących zaledwie część studentów. Ze względu na brak dostępu do dużych infrastruktur informatycznych studenci nie mają możliwości pozyskania odpowiednich kompetencji w tym zakresie w trakcie studiów. Pracodawcy coraz częściej zgłaszają zapotrzebowanie na osoby posiadające takie przygotowanie, a najlepiej praktyczne doświadczenie.

Brak osób z przygotowaniem w zakresie zarządzania i wykorzystania dużych infrastruktur obliczeniowych jest również widoczny w polskich i europejskich centrach KDM (Komputerów Dużej Mocy). Od lat borykają się one z brakami kadrowymi w zakresie administracji systemów wielkoskalowych i ich wykorzystania do obliczeń i przetwarzania danych. Co ciekawsze, duża część osób znajdujących zatrudnienie w takich centrach wywodzi się z użytkowników komputerów dużej mocy posiadających formalne wykształcenie w zakresie nauk przyrodniczych czy technicznych. Wielu z nich po nabyciu doświadczenia odchodzi do znacznie lepiej płatnej pracy w centrach komercyjnych czy ośrodkach zagranicznych.

2. Studia inżynieria obliczeniowa

Odpowiedzą na zapotrzebowanie rynku było utworzenie przez Interdyscyplinarne centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego [6] studiów inżynieria obliczeniowa.

Inżynieria obliczeniowa to studia stacjonarne drugiego stopnia o profilu praktycznym uruchomiony w semestrze zimowym 2016/2017. Oferta skierowana jest do absolwentów studiów inżynierskich (studia pierwszego stopnia, 7-semestralne, zakończone uzyskaniem tytułu inżyniera) lub magisterskich. Studia trwają 3 semestry i kończą się uzyskaniem tytułu magistra. Początkowo studia były umiejscowione w dziedzinie nauk technicznych, od roku akademickiego 2019/20 studia prowadzone są jako studia praktyczne w dyscyplinie informatyka w dziedzinie nauk przyrodniczych.

Program studiów dotyczy zastosowania obliczeń naukowych do rozwiązywania zaawansowanych problemów naukowych i technicznych. Jest on odpowiedzią na coraz większe zapotrzebowanie na wykorzystanie symulacji komputerowych w różnych dziedzinach nauki, gospodarki i biznesu. Modelowanie komputerowe jest niezbędne do zbudowania gospodarki opartej o wiedzę. Jak już wspomniano wcześniej, zapotrzebowanie na specjalistów z tego zakresu zgłaszają wszystkie duże przedsiębiorstwa funkcjonujące w zakresie technologii cyfrowych.

Znacząca część zajęć to wykłady wybierane przez studentów zgodnie z ich zainteresowaniami. Oferta zajęć do wyboru jest różnorodna, chociaż w dużej mierze zależy od dostępnych wykładowców. W ostatnim czasie w ramach zajęć do wyboru pojawiły

się wybrane kursy on-line dotyczące zagadnień uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji wsparte projektami zaliczeniowymi realizowanymi w ICM UW. Dla ubogacenia oferty zajęcia do wyboru są wspólne dla studentów z kolejnych cykli kształcenia. W każdym semestrze co najmniej jeden z wykładów jest w języku angielskim.

Program studiów został zdefiniowany w całości w oparciu o efekty kształcenia a także jest dostosowany do zmian wynikających z Ustawy 2.0. Tym samy program studiów jest w pełni zgodny z obowiązującymi przepisami i trendami.

3. Rekrutacja

Studia inżynieria obliczeniowa skierowane są przede wszystkim do nie informatyków jednak doświadczenie pierwszych roczników pokazało, że przygotowanie matematyczne i informatyczne jest bardzo ważne. Brak takiego przygotowania stanowi istotną barierę utrudniającą zaliczenie przedmiotów matematycznych. W związku z tym pierwszeństwo w przyjęciu mają absolwenci kierunków studiów prowadzonych przez jednostki organizacyjne uczelni posiadające uprawnienia do nadawania stopnia naukowego doktora i zapewniające podstawową wiedzę informatyczną, takich jak: informatyka; informatyka stosowana; elektronika i telekomunikacja; teleinformatyka; automatyka i robotyka; inżynieria biomedyczna; mechatronika; elektrotechnika; fizyka; fizyka stosowana oraz makrokierunków łączących te obszary wiedzy.

Rekrutacji nie zamykamy przed absolwenci innych kierunków w tym kierunków nie technicznych takich jak prawo czy medycyna a nawet kierunki ściśle humanistyczne takie jak filologia polska czy lingwistyka stosowana. W tych przypadkach istotne jest jednak posiadanie pewnego przygotowania informatycznego, na przykład w postaci kursów czy udokumentowanych umiejętności praktycznych. Umiejętności te są weryfikowane na etapie rekrutacji w oparciu o dokumenty złożone przez kandydatów.

O przyjęcie na studia nie mogą ubiegać się osoby posiadające tylko tytuł licencjata. Studia na kierunku inżynieria obliczeniowa trwają 3 semestry, co uniemożliwia nadanie tytułu magistra osobom, które legitymują się ukończonymi wcześniej studiami 6 semestralnymi. Dodatkowym argumentem jest chęć uniknięcia konkurencji o kandydatów wewnątrz uniwersytetu.

Umiejętność programowania, często postrzegana jako istotny element wykształcenia informatyka, nie jest kluczowa, aczkolwiek umiejętności w tym zakresie są wymagane. W praktyce, większość kandydatów to absolwenci studiów magisterskich lub inżynierskich na kierunkach technicznych lub ścisłych z dobrym przygotowaniem matematycznym i coraz lepszym informatycznym. W pierwszych naborach pojawiały się osoby o wykształceniu nie technicznym, np. absolwenci prawa czy polonistyki. Ze względu na dużą liczbę kandydatów, szansę na przyjęcie na studia mają głównie osoby z udokumentowanym przygotowaniem matematycznym i informatycznym. Nie są wymagane dedykowane umiejętności programistyczne – w trakcie zajęć realizowane jest krótkie wprowadzenie do programowania w językach Java, C czy Python.

Proces rekrutacji odpowiada założeniem studiów, które nie są adresowane do informatyków a do osób posiadających podstawowe wykształcenie dziedzinowe i które chcą uzupełnić to wykształcenie o umiejętności związane z wykorzystaniem dużych infrastruktur informatycznych i symulacji komputerowych w konkretnych dziedzinach.

Do chwili obecnej udało się przeprowadzić 6 rekrutacji na studia. Liczba kandydatów praktycznie zawsze przewyższała limit miejsc w związku z tym na studia przyjęto około 60% kandydatów – w zdecydowanej większości absolwentów studiów inżynierskich. Wraz z kolejnymi edycjami studiów obserwujemy coraz większe zainteresowanie absolwentów studiów inżynierskich, którzy zaraz po zakończeniu studiów I stopnia aplikują na inżynierię obliczeniową.

Tabela 1 Rekrutacja na studia inżynieria obliczeniowa. Rekrutacje 1, 3, 5 odbywały się na cykle kształcenia rozpoczynające się w semestrze zimowym, pozostałe na cykle kształcenia rozpoczynające się w semestrze letnim.

Nabór	Liczba kandydatów	Liczba przyjętych						Wykształcenie		
		ogółem		panowie		panie		inż.	mgr	dr
1	30	15	50%	9	60%	6	40%	4	10	
2	11	7	64%	5	71%	2	29%	6	1	
3	17	13	76%	9	69%	4	31%	11	2	
4	26	15	58%	12	80%	3	20%	12	3	
5	21	14	67%	7	50%	7	50%	8	5	1
6	26	16	62%	11	69%	4	25%	14	1	

Pomimo początkowych obaw, wypełnienie miejsc wynosi 89%, co jest bardzo dobrym wskaźnikiem w przypadkach studiów II stopnia. Charakterystyczny jest wysoki udział kobiet, przekraczający 30% osób rozpoczynających studia. W przypadku typowych studiów informatycznych wskaźnik ten nie przekracza kilkunastu procent.

Kandydaci na studia podkreślają zainteresowanie studiami praktycznymi, które wyposażą ich w nowoczesną wiedzę oraz umiejętności ważne na współczesnym rynku pracy. Szczegółowe informacje dotyczące rekrutacji przedstawione są w Tabeli 1.

4. Program zajęć

Program zajęć obejmuje wykłady obowiązkowe oraz do wyboru, w tym wykłady z dziedzin humanistycznych lub społecznych. W pierwszym semestrze studenci realizują obowiązkowy przedmiot współczesne systemy obliczeniowe, bazodanowe i sieciowe (WSO) w wymiarze 30 godzin wykładu i 60 godzin ćwiczeń (9 punktów ECTS). Wykład obejmuje wprowadzenie do systemów obliczeniowych dużej mocy, przedstawienie podstawowych architektur komputerów, procesorów, sieci oraz systemów składowania danych. Studenci w sposób praktyczny zapoznają się z systemami kolejko-

wymi i ich wykorzystaniem, poznają technologie profilowania i optymalizacji kodu. Zapoznają się z zasadami kompilacji i instalacji oprogramowania czy podstawowymi bibliotekami numerycznymi. Wykład obejmuje wprowadzenie do technologii gridowych i chmurowych, wirtualizacji i portali obliczeniowych. Dedykowane zajęcia poświęcone są technologii Hadoop. Na jednych z pierwszych zajęć studenci zapoznają się praktycznie z zasadami prowadzenia obliczeń na systemach komputerowych dostępnych w ICM UW. Zajęcia te, od roku akademickiego 2019/2020 zostały wydzielone jako osobne w planie zajęć (10 godzin ćwiczeń, 1 pkt ECTS). W ramach wykładu przeprowadzane są jednodniowe warsztaty polegające na instalacji wybranych aplikacji na systemach obliczeniowych ICM. Zajęcia te stanowią praktyczną weryfikację wiedzy i umiejętności studentów.

W pierwszym semestrze prowadzone są także zajęcia z drugiego przedmiotu obowiązkowego: programowanie równoległe. W dobie komputerów wieloprocesorowych przedmiot ten ma istotne znaczenie w kształceniu użytkowników komputerów dużej mocy. Program przedmiotu obejmuje wprowadzenie teoretyczne do programowania równoległego (8 godzin) oraz zajęcia praktyczne podzielone na trzy bloki: programowanie w modelu PGAS z wykorzystaniem biblioteki PCJ (Parallel Computing in Java) (12 godzin), programowanie w modelu przesyłania komunikatów (MPI, 20 godzin) oraz programowanie w modelu z pamięcią wspólną (OpenMP, 20 godzin). Model programowania map-reduce jest omawiany w ramach wykładu WSO, podobnie jak programowanie z wykorzystaniem kart graficznych (GPU). Zaliczenie przedmiotu odbywa się poprzez realizację projektu programistycznego, przy czym studenci mają dowolność w wyborze języka programowania i użytej technologii. Programowanie w modelu PGAS cieszy się dużą, jeśli nie największą popularnością, a aplikacje przygotowane przez studentów są uruchamiane na wielu węzłach systemów obliczeniowych.

Drugi semestr studiów obejmuje dwa wykłady obowiązkowe dotyczące symulacji komputerowych w naukach przyrodniczych (26 godzin wykładu, 4 godziny ćwiczeń, 3 ECTS) oraz podstawami modelowania w naukach społecznych (26 godzin wykładu, 4 godziny ćwiczeń, 3 ECTS). Oba wykłady zostały pomyślane jako przegląd zastosowań symulacji komputerowych w najważniejszych dziedzinach nauki. Pierwszy z wykładów obejmuje podstawy obliczeń kwantowo-mechanicznych dla małych układów molekularnych i dla ciała stałego, podstawy dynamiki i mechaniki molekularnej wraz z przykładowymi zastosowaniami, podstawy bioinformatyki i zastosowań w medycynie. Wykład uzupełniają prezentacja zagadnień związanych z przemysłem 4.0. Drugi wykład obejmuje podstawowe metody obliczeniowe stosowane w naukach humanistycznych i społecznych oraz ich zastosowania. Studenci zapoznają się analizą sieci, metodami agentowymi oraz modelowaniem w oparciu o różne modele matematyczne. Wykład obejmuje przykładowe zastosowania oraz część praktyczną.

Wykłady obowiązkowe uzupełnione są wykładami do wyboru. W każdym semestrze realizowane są 3-4 wykłady do wyboru, w ostatnim czasie obejmują one także

wyselekcjonowane wykłady on-line uzupełnione projektami zaliczeniowymi realizowanymi w ICM UW. Wykłady do wyboru powtarzane są co 2-3 semestry tak by studenci mieli okazję do skorzystania z różnorodnej oferty. Zajęcia do wyboru obejmują zarówno tematy bardziej techniczne (wprowadzenie do sztucznej inteligencji, uczenia maszynowego, analiza danych w R, wizualizacja danych) jak też dziedziny (bioinformatyka, medycyna, komunikacja).

Szczegółowy program zajęć dostępny jest na stronie studiów oraz w publikacji [1].

5. Organizacja i metody prowadzenia zajęć

Dużą nowością realizowaną na studiach inżynieria obliczeniowa jest wprowadzenie nowych metod prowadzenia zajęć dydaktycznych. Zajęcia prowadzone są w blokach tematycznych, co ułatwia prowadzenie zajęć praktycznych, które zwłaszcza w przypadku zaawansowanych technologii informatycznych zajmują dużo czasu i przekraczają zwyczajowe 90 minutowe bloki. Blokowa organizacja studiów pozwala na odejście od sztywnego podziału na wykłady i ćwiczenia i pozwala na elastyczne dostosowywanie formy zajęć do potrzeb. Jednocześnie poszczególne bloki zajęć prowadzone są przez różnych wykładowców – ekspertów w danym zakresie odchodząc od podziału na wykładowcę i osobę prowadzącą ćwiczenia. Program zajęć został stworzony praktycznie od zera, co pozwoliło na nowe, świeże spojrzenie na treści przekazywane studentom. Jednocześnie, ze względu na dużą liczbę osób zaangażowanych w prowadzenie zajęć, większość prowadzących prowadzi zajęcia z jednego przedmiotu czy też jego części. Dzięki temu uzyskano wysoki poziom merytoryczny zajęć, a także ścisłe powiązanie wykładów z ćwiczeniami praktycznymi.

Studia Inżynieria obliczeniowa wykorzystują nowoczesne narzędzia dydaktyczne. Studenci mają unikalną w skali kraju możliwość zapoznania się praktycznego z współczesnymi systemami obliczeniowymi, dyskowymi i sieciowymi oraz na wykorzystanie ich w praktyce. Uczestnicy zajęć mają dostęp do infrastruktury obliczeniowej ICM obejmującej superkomputery znajdujące się na liście Top500 najszybszych komputerów na świecie [5]. Takie możliwości są realizowane na innych kierunkach i uczelniach w bardzo ograniczony sposób, generalnie na zasadzie wyjątków.

Do prowadzenia studiów wykorzystywane jest dedykowane, zainstalowane w ICM środowisko zdalnego nauczania OLAT, dostosowywane do lokalnych potrzeb. Wykorzystywane są nowoczesne narzędzia webowe i sieciowe w tym systemy wideokonferencyjne pozwalające na prowadzenie wykładów przez osoby spoza ICM.

6. Praktyki

Obowiązkowym elementem studiów o profilu praktycznym są praktyki studenckie. W przypadku studiów II stopnia czas trwania praktyk wynosi co najmniej 3 miesiące. Organizacja praktyk stanowi istotne wyzwanie dla prowadzących studia praktyczne.

W przypadku studiów inżynieria obliczeniowa, przed ich uruchomieniem zostały zebrane deklaracje szeregu firm z sektora IT dotyczące organizacji praktyk. Niestety, okazało się że firmy międzynarodowe posiadają własne regulacje dotyczące przyjmowania osób na praktyki oparte najczęściej na procedurze konkursowej co było trudno pogodzić z wymaganiami formalnymi ze strony uniwersytetu. Dodatkowo, znacząca część studentów była zainteresowana realizacją praktyk w ICM UW jako miejscu zapewniającym dostęp do nowoczesnych technologii oraz interesującą, nietuzinkową tematykę praktyk. Należy podkreślić, że jeszcze przed uruchomieniem studiów inżynieria obliczeniowa, ICM będąc centrum obliczeniowym prowadzącym działalność operacyjną organizował praktyki wakacyjne dla studentów kierunków technicznych i informatycznych przyjmując co roku kilka czy kilkanaście osób. Oferta praktyk co-rocennie przewyższa liczbę zainteresowanych osób.

Oprócz możliwości realizacji praktyk w ICM UW, studenci mogą realizować praktyki w przedsiębiorstwach na podstawie porozumienia trójstronnego pomiędzy studentem, przedsiębiorstwem i uniwersytetem. Praktyki w ICM UW oraz z firmami zewnętrznymi zaliczane są na podstawie sprawozdania merytorycznego.

W przypadku studentów pracujących w trakcie studiów możliwe jest zaliczenie praktyk na podstawie zaświadczenia z zakładu pracy obejmującego okres zatrudnienia i jego wymiar oraz opis obowiązków, który musi być zgodny z profilem studiów. W takiej sytuacji sprawozdanie merytoryczne nie jest wymagane.

7. Prace dyplomowe

Krótki, bo liczący 3 semestry, czas studiów jest dużym wyzwaniem dla terminowego przygotowania pracy dyplomowej. W związku z tym już na początku pierwszego semestru studenci otrzymują propozycje tematów prac magisterskich wraz z listą opiekunów. Tematyka prac jest przybliżana w ramach jednodniowej mini-konferencji w czasie której pracownicy ICM i zaproszeni goście prezentują tematykę prowadzonych badań i przybliżają proponowane tematy prac dyplomowych. Staraliśmy się by oferta tematów była szeroka i odzwierciedlała zarówno tematykę badań w ICM UW oraz współpracujących jednostkach i firmach jak też zainteresowania studentów. Liczba propozycji znacząco przekracza liczbę studentów (najczęściej dwukrotnie), studenci zachęceni są do wyboru tematów ich interesujących.

Do połowy semestru studenci powinni wybrać temat pracy, ewentualnie w porozumieniu z prowadzącym seminarium magisterskie zaproponować własny temat i potencjalnego opiekuna. Pod koniec pierwszego semestru studenci prezentują wybrany temat pracy i związaną z nim tematykę prac.

W trakcie drugiego i trzeciego semestru studenci przez większość czasu pracują indywidualnie z opiekunem pracy magisterskich spotykając się indywidualnie. Na koniec semestru odbywa się jednodniowe seminarium na którym każdy ze studentów prezentuje postęp prac. Prezentacje uzupełnione są dyskusją i wymianą doświadczeń.

Na seminariach ustalane są także najważniejsze cele na kolejny okres. W trakcie seminariów omawiane są także sprawy praktyczne związane z przygotowaniem pracy dyplomowej jak edycja pracy, zawartość, literatura i inne.

Seminaria magisterskie prowadzone są przez nauczyciela akademickiego posiadającego stopień doktora habilitowanego lub tytuł profesora co związane jest z praktyką uniwersytecką i wynika z regulaminów studiów na UW. Ze względu na specyfikę ICM jako jednostki prowadzącej przede wszystkim działalność usługową w zakresie udostępniania zasobów obliczeniowych wiele osób opiekujących się magistrantami zatrudniona jest na etatach nie naukowych. W świetle regulaminów obowiązujących na UW nie mogą być oni samodzielnie opiekunami prac magisterskich – w tej sytuacji dodatkowym opiekunem jest osoba prowadząca seminarium magisterskie. Podobna sytuacja występuje gdy opiekunem pracy jest osoba spoza UW, co dotyczy osób zatrudnionych w firmach komercyjnych czy nie posiadających tytułu doktora.

Zastosowane rozwiązanie sprawdza się w praktyce, pozwala na realizację ciekawych prac dyplomowych osadzonych praktycznie przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego poziomu merytorycznego.

Przy krótkim czasie trwania studiów zapewnienie odpowiedniego poziomu prac magisterskich wiąże się z koniecznością przedłużania czasu składania pracy. Zgodnie z obowiązującymi regulaminami, w uzasadnionych przypadkach termin składania pracy może być wydłużony o 3 miesiące, co jest powszechnie praktykowane, zwłaszcza w przypadku studentów rozpoczynających studia w październiku. Termin składania pracy dyplomowej przypada na marzec – bezpośrednio po zakończeniu zajęć dydaktycznych i dla większości studentów jest trudny do dotrzymania.

8. Absolwenci

Do chwili obecnej naukę zakończyli studenci 3. cykli kształcenia, przy czym pełne dane dotyczą tylko dwóch pierwszych cykli kształcenia, które były odmienne od kolejnych. Studia zakończyła stosunkowo niewielka liczba osób zaczynających kształcenie – około 30%. Większość studentów wykruszała się w trakcie pierwszego semestru i to nie z powodów związanych ze studiami. Najczęściej powodem była praca zarobkowa, często w wymiarze przekraczającym $\frac{1}{2}$ etatu co jest trudne do pogodzenia ze studium na studiach stacjonarnych. Pomimo skomasowaniu zajęć w 3 dni w tygodniu okazywało się to zbyt trudne do pogodzenia z innymi aktywnościami. Dodatkowo, zwłaszcza w pierwszej rekrutacji, dominowały osoby posiadające wykształcenie magisterskie traktujące studia inżynieria obliczeniowa jako studia podyplomowe czy uzupełnienie studiów doktoranckich. W rezultacie osoby takie nie były mocno zainteresowane uzyskaniem dyplomów a raczej zdobyciem konkretnej wiedzy i umiejętności.

Pomimo fragmentarycznych danych, można pokusić się o stwierdzenie, że absolwenci studiów inżynieria obliczeniowa bez problemu znajdują miejsce na rynku pracy. Część z nich wykorzystuje zdobyte umiejętności w pracy naukowej (na przykład na

studiach doktoranckich), część, dzięki ukończonym studiom, uzyskuje atrakcyjne miejsca pracy.

W chwili obecnej mamy także pierwsze zatrudnienia studentów inżynierii obliczeniowej w ICM UW. Okazują się być bardzo dobrze przygotowani do charakteru pracy w centrum obliczeniowym i jeszcze przed ukończeniem studiów zatrudniani są na stanowiska związane z utrzymaniem i rozwojem zaawansowanych usług informatycznych pokonując w procedurze konkursowej innych kandydatów. Z punktu widzenia ICM UW jest bardzo istotne potwierdzenie znaczenia studiów inżynieria obliczeniowa jako źródła osób dobrze przygotowanych do pracy w centrach obliczeniowych.

9. Podsumowanie

Studia inżynieria obliczeniowa to oferta studiów informatycznych II stopnia oferowana w pierwszej kolejności do nie informatyków i to nie tylko tych posiadających wykształcenie techniczne. Studia posiadają profil praktyczny, adresowane są do absolwentów studiów inżynierskich, co w przypadku studiów uniwersyteckich jest pewną nowością, na pewno na Uniwersytecie Warszawskim. Pod względem założeń, programu nauczania oraz organizacji i sposobu prowadzenia zajęć studia wyróżniają się na tle innych studiów informatycznych.

Studia zostały utworzone w obszarze nauk technicznych, od roku 2019/20 są realizowane w obszarze nauk przyrodniczych. Przepisanie do obszaru nauk przyrodniczych w lepszy sposób opisuje podstawowe zastosowania obliczeń naukowych i symulacji komputerowych.

Studia w ICM UW są studiami stacjonarnymi, co niestety komplikuje ich prowadzenie. Duża część studentów i kandydatów poszukuje studiów niestacjonarnych lub podyplomowych pozwalających na łączenie ich z wykonywaną pracą. Uruchomienie takich studiów jest jednak bardzo trudne ze względu na wymagania formalne (konieczność prowadzenia studiów stacjonarnych) i finansowe (wysoki koszt studiów ze względu na niewielką liczbę zainteresowanych). Pomimo tych niedogodności udało się uruchomić 6 cykli kształcenie i uruchomienie kolejnych wydaje się być niezagrażone.

Osiągnięcia studentów, w szczególności uzyskane w ramach hackathonów Wielkie Wyzwania Programistyczne [4], wyraźnie wskazują, że przyjęty model kształcenia jest trafiony. Studenci w krótkim czasie (1 semestr) uzyskują wysokie umiejętności i kompetencje w zakresie wykorzystania dużych infrastruktur informatycznych oraz w zakresie metod i algorytmów niezbędnych do rozwiązywania nietrywialnych problemów.

Należy podkreślić, że problemy z jakim zmierzają się studenci w ramach hackathonów są skomplikowane a ich rozwiązanie jest nadal przedmiotem prac naukowych z zakresu informatyki.

Szczególnie pozytywnie należy ocenić umiejętności studentów w zakresie programowania równoległego, niezbędne w przypadku wykorzystania współczesnych systemów obliczeniowych składających się z tysięcy czy milionów rdzeni obliczeniowych.

Należy podkreślić, że tak spektakularny sukces był możliwy dzięki nowemu podejściu do programowania równoległego z wykorzystaniem języka Java i paradygmatu PGAS [3]. Rozwiązanie to zostało opracowane w ICM i jest wykorzystane na zajęciach ze studentami.

Kolejnym elementem sukcesu było udostępnienie studentom superkomputerów i innych elementów infrastruktury dostępnych w ICM. Możliwości takie mają jedynie nieliczni studenci informatyki, co więcej na większości wydziałów realizujących kształcenie informatyczne nie ma specjalistów posiadających doświadczenie w tym zakresie. W związku z tym nauka programowania równoległego nie jest realizowana w oparciu o współczesne architektury i często ogranicza się do programowania kart graficznych.

Wyniki hackathonów pokazały również jak w procesie rozwiązywania nietrywialnych problemów niezbędne jest wykształcenie dziedzinowe. Zespół złożony ze studentów posiadających różne przygotowanie uzyskane na studiach I stopnia czy studiach magisterskich, przy umiejętnościach informatycznych niższych niż w przypadku studentów informatyki potrafił znacznie skutecznie znaleźć rozwiązanie problemu na poziomie algorytmu i zaimplementować je z wykorzystaniem właściwych narzędzi.

Przedstawione efekty studiów bez wątplenia pokazują, że realizowany w ramach studiów inżynieria obliczeniowa program pozwala na wyposażenie studentów posiadających podstawową wiedzę dziedzinową w niezbędne umiejętności i kompetencje informatyczne w zakresie wielkich infrastruktur informatycznych. Co więcej, uzyskane w ten sposób wykształcenie pozwala na efektywne rozwiązywanie złożonych problemów wymagających przetwarzania dużych danych czy symulacji komputerowych.

Literatura

1. P. Bała, Inżynieria obliczeniowa w ICM UW - jak nauczyć informatyki nie informatyków. W: A. B. Kwiatkowska, M. M. Sysło (Edycja) *Informatyka w edukacji. Wokół nowej podstawy*. Wydawnictwo Naukowe UMK, 2017 s. 222-230
2. M. Ignatova, The Top 10 Skills You Will Be Hiring for in 2017. LinkedIn 25.11.2016 <https://business.linkedin.com/talent-solutions/blog/trends-and-research/2016/the-top-10-skills-you-will-be-hiring-for-in-2017> ostatni dostęp 20.05.2019 roku.
3. Biblioteka PCJ (Parallel Computing in Java): <http://pcj.icm.edu.pl>
4. Hackathon Wielkie Wyzwania Programistyczne: <http://www.icm.edu.pl>
5. Okeanos (Cray XC40): <https://kdm.icm.edu.pl/kdm/Okeanos>
6. Studia inżynieria obliczeniowa w ICM UW: <http://icm.edu.pl/studia> ostatni dostęp 20.05.2019 roku.