

INŻYNIERIA OBLICZENIOWA W ICM UW – JAK NAUCZYĆ INFORMATYKI NIE INFORMATYKÓW

Piotr Bała
ICM Uniwersytet Warszawski
Pawińskiego 5a, 02-106 Warszawa
bała@icm.edu.pl

Abstract. The problem of teaching computer science is widely discussed for years. Traditional point of view suggests strong mathematical education followed by the computer science theoretical and then practical training. Nowadays there is growing interest in teaching programming and algorithms students without strong mathematical education. In this paper we present recently started master degree program in computational engineering. This program is dedicated to the students with engineering or master degree in different domains willing to extend their knowledge in computer science. The program and its first outcomes are presented.

1. Wstęp

Informatycy, zgodnie z różnymi oszacowaniami i prognozami są najbardziej poszukiwaną grupą pracowników. W Unii Europejskiej zapotrzebowanie na informatyków do 2020 roku szacuje się już na milion osób, a w Polsce – na ponad 70 tys. osób. Ogromne zapotrzebowanie rynku jest widoczne także w uczelniach, gdzie wielu studentów kierunków informatycznych pracuje, często na umowie o pracę.

Sytuacji nie zmieniają wysokie zarobki czy możliwości szybkiej kariery, także w wymiarze finansowym. Programiści, informatycy, specjaliści w zakresie elektroniki i telekomunikacji od wielu lat znajdują się na szczycie tabeli wynagrodzeń i nic nie wskazuje by sytuacja miała się zmienić. W tych dziedzinach rynek pracy jest rynkiem pracownika i pozyskanie pracownika jest ze strony pracodawcy trudne i kosztowne. Pomimo globalnego rynku, znajomości języków oraz dużej mobilności informatycy nie są silnie zainteresowani szukaniem zatrudnienia za granicą, głównie ze względów finansowych. Wynagrodzenie informatyka w Polsce jest niewiele niższe niż w krajach UE a koszty utrzymania znaczące niższe.

Studia na kierunku informatyka są w Polsce bardzo popularne i prowadzone na wielu uczelniach zarówno w dziedzinie nauk matematycznych (głównie uniwersyte-

ty), 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 przez młodzież. Pomimo tego liczba absolwentów jest zbyt mała, by zaspokoić potrzeby rynku pracy.

2. Zapotrzebowanie rynku pracy

Zapotrzebowanie na informatyków ze strony rynku pracy jest różnorodne i zmienia się wraz z pojawianiem się nowych technologii. Programiści od wielu lat są silnie poszukiwani, niemniej jednak zmieniają się technologie i języki programowania. Do najbardziej poszukiwanych zaliczają się obecnie specjaliści od technologii webowych, aplikacji mobilnych czy programowania w języku Java (programiści Java zarabiają w Polsce najlepiej, co świadczy o zapotrzebowaniu rynku prac). Niestety kształcenie w tym zakresie nie nadąża za zapotrzebowaniem. Technologie webowe czy programowanie urządzeń mobilnych powoli znajduje miejsce na uczelniach. Java, nawet jeżeli jest obecna w programie studiów, nadal jest językiem traktowanym w większości przypadków jako mniej ważny niż C/C++ czy popularny ostatnio Python. W efekcie programiści Javy kształcą się samodzielnie korzystając z różnych serwisów takich jak HackerRank [3], kursy MOOC (np. oferowane przez Oracle) czy też poprzez spotkania samokształceniowe w prężnie działających JUG'ach (Java Users Groups).

Od kilku lat w czołówce zapotrzebowania znajdują się technologie gridowe i chmurowe, wirtualizacja zasobów oraz zarządzanie dużymi infrastrukturami informatycznymi i systemami składowania danych. W tym zakresie coraz istotniejsza staje się znajomość skalowalnych systemów plików czy zarządzanie rozproszonymi bazami danych. Umiejętności te zostały uznane przez serwis LinkedIn za najbardziej poszukiwane na rynku pracy w 2017 roku [4]. 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 jeszcze praktyczne doświadczenie.

Problem braku wykształcenia informatycznego osób wykorzystujących duże infrastruktury obliczeniowe próbuje rozwiązać się poprzez tworzenie tzw. brygad tygrysa (ang. *tiger teams*) składających się z informatyków i osób posiadających wykształcenie dziedzinowe [5]. Niestety, znajomość metod obliczeniowych stoso-

wanych w chemii, fizyce czy technice jest wśród absolwentów informatyki ograniczona, co znacząco zmniejsza efektywność i produktywność zespołów mieszanych.

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.

3. Studia inżynieria obliczeniowa w ICM UW

Odpowiedzą na zapotrzebowanie rynku było utworzenie, po kilku latach przygotowań, studiów inżynieria obliczeniowa prowadzonych przez Interdyscyplinarne centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego [8].

Inżynieria obliczeniowa to studia stacjonarne drugiego stopnia o profilu praktycznym uruchomione w semestrze zimowym 2016/2017. Oferta skierowana jest do absolwentów studiów inżynierskich (studia pierwszego stopnia, 7-semesterne, zakończone uzyskaniem tytułu inżyniera) lub magisterskich. Studia trwają 3 semestry i kończą się uzyskaniem tytułu zawodowego magistra.

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.

Ponad połowa zajęć to wykłady wybierane przez studentów zgodnie z ich zainteresowaniami. Oferta zajęć do wyboru jest duża i różnorodna. W celu ubogacenia oferty zajęcia do wyboru są wspólne dla studentów z kolejnych cykli kształcenia. Co najmniej jeden z wykładów jest prowadzony w języku angielskim.

Wykłady obowiązkowe mają zapoznać studentów z podstawami matematycznymi modelowania, współczesnymi systemami obliczeniowymi, składowania danych i rozwiązaniami sieciowymi (30 godzin wykładu i 60 godzin ćwiczeń praktycznych) oraz podstawami modelowania w naukach przyrodniczych i społecznych (po 30 godzin wykładu). W pierwszym semestrze studenci mają obowiązkowe zajęcia z programowania równoległego, które w przypadku współczesnych komputerów

dużej mocy jest niezbędnym elementem kształcenia. Zajęcia obowiązkowe uzupełnione są elementami wymaganymi przez obowiązujące przepisy takimi jak BHP czy podstawy ochrony własności intelektualnej.

Program studiów został zdefiniowany w całości w oparciu o efekty kształcenia i tym samym jest zgodny z obowiązującymi przepisami i trendami. Szczegółowy plan studiów przedstawiony jest w tabeli 1.

Rekrutacja na studia prowadzona jest dwa razy w roku: na semestr zimowy i letni. Limit miejsc wynosi 15, co oznacza studia w kameralnej formie odpowiadającej założeniom uniwersytetu badawczego. Kwalifikacja kandydatów odbywa się na podstawie samodzielnie napisanego listu motywacyjnego oraz na podstawie dyplomu inżynierskiego lub magisterskiego wraz z sylabusem. Kandydaci mogą przedstawić także inne dokumenty potwierdzające posiadane umiejętności. Na podstawie dokumentów komisja rekrutacyjna ocenia przygotowanie kandydatów na studia uwzględniając także posiadane umiejętności w zakresie programowania i technologii informatycznych.

Studenci kierunku Inżynieria obliczeniowa zdobywają wiedzę na temat wybranej dziedziny zastosowań obliczeń wielkoskalowych, wykorzystywanych algorytmów i metod obliczeniowych, a także biorą udział w projektach obliczeniowych z wykorzystaniem superkomputerów.

W trakcie studiów na kierunku Inżynieria obliczeniowa studenci uzyskują podstawową wiedzę z zakresu systemów wielkoskalowych, ich architektury, a także zarządzania nimi i wykorzystania w wybranych dziedzinach. Zapoznają się z metodami przetwarzania, analizy i wizualizacji wielkich danych. Poznają metody i paradygmaty programowania systemów wielkoskalowych ze szczególnym uwzględnieniem programowania równoległego i rozproszonego, w tym systemów gridowych oraz przetwarzania w chmurze.

Nauka na kierunku inżynieria obliczeniowa, ze względu na unikatowy charakter i niewielką liczbę studentów, jest oparta o realizację projektów z wykorzystaniem istniejącej infrastruktury obliczeniowej. Oprócz uczestnictwa w tradycyjnych wykładach studenci w ramach ćwiczeń biorą udział w zadaniach związanych z bieżącym utrzymaniem systemów obliczeniowych ICM. Studenci są włączani w realizację projektów badawczych i rozwojowych prowadzonych w ICM, możliwa jest również realizacja własnych projektów zgłaszanych przez studentów.

Istotnym elementem studiów praktycznych są trzymiesięczne praktyki, które odbywają się w centrum komputerowym ICM UW lub w firmach z sektora IT w formie prac indywidualnych lub zespołowych realizowanych pod opieką pracowników ICM UW. Wstępne deklaracje, co do przyjęcia studentów na praktyki zgłosiły największe firmy informatyczne takie, jak: IBM Polska, Orange, Huawei, Intel Polska, Oracle Polska.

Tabela 1. Siatka godzin – Inżynieria Obliczeniowa, studia II stopnia (rok akad. 2017/18)

I rok studiów II stopnia									
Nazwa przedmiotu	Semestr zimowy				Semestr letni				ECTS
	w.	ćw.	lab.	zal.	w.	ćw.	lab.	zal.	
Wybrane zastosowania informatyki (proseminarium)						15		z	1
Metody analityczne modelowania					30		30	e	6
Programowanie równoległe					30		30	e	6
Współczesne systemy obliczeniowe, bazodanowe i sieciowe					30		60	z	9
Przedmiot wybierany 1					30		30	e	6
BHP					4			z	0,5
POWI (Podstawy ochrony własności intelektualnej)					4			z	0,5
Seminarium magisterskie						15		z	1
Łącznie I rok	0	0	0		128	30	150		30
II rok studiów II stopnia									
Obliczenia w naukach przyrodniczych	30			e					3
Obliczenia w naukach społecznych	30			e					3
Przedmiot wybierany 2	30		30	e					6
Przedmiot wybierany 3					30		30	e	6
Przedmioty ogólnouniwersyteckie	30			z	30			z	3+3
Seminarium magisterskie		15		z		45		z	1+3
Praktyki (3 miesiące)				z					12
Praca magisterska									20
Łącznie II rok	120	15	30		60	45	30		60
Łącznie					608 godzin zajęć				90

Studia inżynieria obliczeniowa są unikalne także w skali międzynarodowej. Studia inżynieria obliczeniowa wychodzą z ofertą kształcenia informatycznego w zakresie obliczeń wielkoskalowych i analizy danych do osób posiadających przygotowanie dziedzinowe na poziomie studiów inżynierskich. W chwili obecnej obserwuje się próby włączenia tematów związanych z superkomputerami i programowaniem równoległym do programu kształcenia informatyków i to już na poziomie studiów I stopnia (*undergraduate*). Innym trendem jest rozwój studiów związanych z analizą danych (BigData), przy czym są one głównie zorientowane na metody analityczne i w minimalnym stopniu dotyczą spraw związanych z infrastrukturą sprzętową czy współczesnymi metodami programistycznymi.

4. Organizacja studiów 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 tworzony jest praktycznie od zera, co pozwala na nowe, świeże spojrzenie na treści przekazywane studentom. Jednocześnie, ze względu na dużą liczbę osób zaangażowanych w prowadzenie zajęć, nie ograniczającą się jedynie do osób wliczanych do minimum kadrowego, oraz brak konieczności wypełnienia pensum dydaktycznego 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. Mają dostęp do infrastruktury obliczeniowej ICM obejmującej superkomputery znajdujące się na liście Top500 najszybszych komputerów na świecie. Należy podkreślić, że takie możliwości są realizowane na innych kierunkach i uczelniach w bardzo ograniczony sposób, raczej wyjątkowo.

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 umożliwiające prowadzenie zajęć przez osoby spoza ICM.

5. Kandydaci na studia

Studia inżynieria obliczeniowa są adresowane głównie do nie informatyków. 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.

Niemniej jednak o przyjęcie na studia mogą starać się 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 przez Komisję rekrutacyjną w oparciu o dokumenty złożone przez kandydatów.

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 podstawy informatyki, a przede wszystkim o umiejętności związane z wykorzystaniem dużych infrastruktur informatycznych i symulacji komputerowych w konkretnych dziedzinach. Absolwenci studiów mają posiadać takie umiejętności, posiadać wiedzę na temat różnorodnych zastosowań symulacji komputerowych oraz posiadać pogłębioną wiedzę i umiejętności w zakresie wybranych zastosowań.

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 w zabiegach o kandydatów wewnątrz uniwersytetu. Aktualne rozwiązanie otwarte jest przede wszystkim na osoby, które ukończyły studia I stopnia poza Uniwersytetem Warszawskim.

Umiejętność programowania, często postrzegana jako istotny element wykształcenia informatyka, nie jest kluczowa, aczkolwiek podstawowe umiejętności w tym zakresie są wymagane.

Większość kandydatów na studia to absolwenci studiów magisterskich lub inżynierskich na kierunkach technicznych lub ścisłych, w każdym naborze pojawiały się też osoby o wykształceniu nie technicznym, np. absolwenci prawa czy polonistyki.

W trakcie studiów okazało się, że umiejętności informatyczne studentów, w szczególności w zakresie programowania są mniejsze niż wynikałoby to z dotychczasowego przebiegu studiów. Niestety świadczy to nie najlepiej o efektywno-

ści kształcenia informatycznego na studiach. W efekcie, w trakcie zajęć zrealizowano krótkie, z reguły 90 minutowe, wprowadzenie do programowania w wybranych językach (C, Java) i przedstawiono studentom możliwości samodzielnego dokształcania w tym zakresie z wykorzystaniem dostępnych on-line kursów i serwisów.

6. Osiągnięcia studentów

Ewaluację studiów przeprowadza się z reguły po zakończeniu kilku pierwszych cykli kształcenia, jednak już teraz można pokusić się o pewne oceny oparte zarówno o doświadczenia studentów, wykładowców jak też z wykorzystaniem analizy obiektywnych osiągnięć uczestników studiów.

W opinii prowadzących zajęcia, co potwierdzają także projekty realizowane przez studentów w trakcie zajęć praktycznych, studenci są bardzo zdeterminowani w zdobywaniu nowych umiejętności, uzyskują wiedzę i umiejętności niezbędne do korzystania z wielkoskalowych zasobów obliczeniowych, nowoczesnych rozwiązań w zakresie składowania i przetwarzania danych czy w zakresie rozwiązań sieciowych. Studenci uczestniczą w zajęciach, zarówno w ćwiczeniach jak w wykładach. Zdecydowana większość studentów zaliczyła zajęcia z pierwszego semestru studiów. Osoby które nie zaliczyły semestru, zrezygnowały z uczestnictwa w studiach ze względu na czynniki zewnętrzne, przede wszystkim ze względu na konflikt z pracą, często pełnoetatową.

Najlepszym dowodem jest udział studentów kierunku inżynieria obliczeniowa w hackathonie Wielkie Wyzwania Programistyczne [2], organizowanym przez ICM pod patronatem Ministerstwa Cyfryzacji, Ministerstwa Rozwoju i Urzędu Kontroli Elektronicznej z udziałem firm, takich jak Cisco, Orange, Codelime. Udział w hackathonie zgłosiły 3 zespoły: dwa składające się ze studentów inżynierii obliczeniowej i jeden składający się ze studentów kierunku informatyka na Wydziale Matematyki Mechaniki i Informatyki UW. Kolejny zespół w MIM UW ostatecznie nie wziął udziału w hackathonie – studenci skoncentrowali się na udziale w konkursie ASC'17. Na udział w hackathonie nie zdecydowali się studenci z innych uczelni – głównym powodem były wysokie wymagania stawiane uczestnikom.

Tematem pierwszej edycji hackathonu był problem najlepszego zaprojektowania rozwoju sieci światłowodowej na terenie Polski. Celem było wykorzystanie nowego podejścia do problemu i wykonanie w skali globalnej (całego kraju) optymalizacji połączeń światłowodowych w oparciu o listę adresów oraz inne dostępne informacje takie jak lista punktów dostępowych, do których mogą być podłączane rozbudowywane sieci światłowodowe, czy lista ulic i dróg wzdłuż których powinny być prowadzone inwestycje światłowodowe. W celu rozwiązania problemu uczestnicy otrzymali dostęp do zasobów obliczeniowych pozwalających na analizę dużych danych a ich efektywne wykorzystanie było jednym z wyzwań do rozwiązania.

Najlepsze rozwiązanie przedstawił zespół studentów inżynierii obliczeniowej ICM UW. Pokazali oni sposób połączenia wszystkich punktów adresowych z listy białych plam (ponad 2,7 mln lokalizacji) z punktami dostępowymi (BTS) w wariacie najkrótszej drogi wykorzystując ok 650 tys. km światłowodów (mniej niż podany w zadaniu limit 1 mln km oszacowany na podstawie środków przeznaczanych w Programie Operacyjnym Polska Cyfrowa na ten cel i średniego kosztu położenia 1 km sieci światłowodowej). Zespół przedstawił wstępną propozycję poprowadzenia światłowodów wzdłuż dróg zdefiniowanych w OpenStreet Map. Jednym z ciekawych efektów była analiza gęstości punktów z listy białych plam.

Oprogramowanie zostało wykonane w języku Java z wykorzystaniem biblioteki PCJ. Do obliczeń wykorzystano 60 węzłów komputera okeanos [6] (2880 rdzeni obliczeniowych), a jednorazowa analiza danych z wykorzystaniem wszystkich zasobów trwała 5-10 minut (w przypadku wykorzystania jednego procesora wymagałoby to 250 godzin!).

Dla porównania, zespół studentów 4 roku informatyki MIM UW wykonał analizy oparte na poszukiwaniu lokalizacji znajdujących się najbliżej siebie. Ostatecznie zespół przedstawił podłączenie około 90 tys lokalizacji z wykorzystaniem 1 mln km światłowodów. Lokalizacje bez Internetu zostały podłączone do najbliższego punktu dostępowego (BTS) bezpośrednio połączeniem światłowodowym. Otrzymany wynik pokazuje istotność globalnej optymalizacji połączeń, która, jak pokazały prace innych zespołów, umożliwia znaczące zmniejszenie całkowitej długości światłowodów. Rozwiązanie zostało opracowane w oparciu o program jednowątkowy, studenci próbowali utworzyć rozwiązanie równoległe z wykorzystaniem języka C i biblioteki MPI jednak nie przezwyciężyli problemów technicznych (na MIM UW programowanie równoległe jest w programie studiów dopiero w semestrze letnim czwartego roku studiów).

Trzeci zespół, złożony w części ze studentów inżynierii obliczeniowej przedstawił rozwiązanie oparte o optymalizację na wybranym obszarze. Stworzone oprogramowanie było uruchamiane na 2 węzłach (96 rdzeni obliczeniowych).

7. Podsumowanie

Studia inżynieria obliczeniowa to nowa oferta studiów informatycznych II stopnia oferowana w pierwszej kolejności do nie informatyków i to nie tylko posiadających wykształcenie techniczne. Studia mają profil praktyczny, umiejscowione są w obszarze nauk technicznych, 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 są realizowane w obszarze nauk technicznych, co wynika między innymi z faktu, że większość osób zaliczanych do minimum kadrowego posiada dorobek oraz stopnie i tytuły naukowe w tym obszarze. Co ciekawsze, zarówno w opinii informatyków z nauk matematycznych jak też z nauk technicznych studia z inżynierii obliczeniowej nie wpisują się w powyższą klasyfikację. Głosy te były formułowane, między innymi, w wymaganej przepisami opinii Polskiej Komisji Akredytacyjnej.

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 dwa cykle kształcenie i uruchomienie kolejnych wydaje się być niezagrożone.

Osiągnięcia studentów, w szczególności uzyskane w ramach hackathonu Wielkie Wyzwania Programistyczne, wyraźnie wskazują, że przyjęty model kształcenia jest trafiony. Studenci w krótkim czasie (pierwszy semestr) uzyskali wysokie umiejętności i kompetencje w zakresie wykorzystania dużych infrastruktur informatycznych oraz w zakresie metod i algorytmów niezbędnych do rozwiązywania nietrywialnych problemów. Należy podkreślić, że problem z jakim zmierzyli się studenci jest bardzo złożony a jego 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 [1]. 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 informatycznie 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 hackathonu 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 znacznie 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 wątpienia pokazują, że realizowany w ramach studiów inżynieria obliczeniowa program może służyć wyposażeniu studentów posiadających podstawową wiedzę dziedzinową w niezbędne umiejętności i kompetencje informatyczne w zakresie wielkich infrastruktur informatycznych. Co więcej, uzyskane w ten sposób wykształcenie może być przydatne przy efektywnym rozwiązywaniu złożonych problemów wymagających przetwarzania dużych zasobów danych czy symulacji komputerowych.

Literatura

1. Biblioteka PCJ (Parallel Computing in Java): <http://pcj.icm.edu.pl>
2. Hackathon Wielkie Wyzwania Programistyczne: <http://www.icm.edu.pl>
3. HackerRank: <http://www.hackerrank.com>
4. Ignatova M., 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>
5. Mazzina A., Developer hiring trends in 2017. *StackOverflow* 7.03.2017 <https://stackoverflow.blog/2017/03/09/developer-hiring-trends-2017/#.WQbj154iXVE.twitter>
6. Okeanos (Cray XC40): <https://kdm.icm.edu.pl/kdm/Okeanos>
7. Studia inżynieria obliczeniowa w ICM UW: <http://icm.edu.pl/pl/edukacja/studia-w-icm/>
8. Tiger team: https://en.wikipedia.org/wiki/Tiger_team