



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Nauki obliczeniowe jako propozycja makrokierunku.

Na bazie kierunków:

Fizyka Techniczna – Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Informatyka Stosowana – Wydział Inżynierii Metali i Informatyki
Przemysłowej

Szkic

- **Motywacja**
- **Makrokierunek - wymagania**
- **Obszar kształcenia**
- **Dyscyplina nauki**
- **Doświadczenia na świecie**
- **Doświadczenia w Polsce**
- **Koncepcja makrokierunku**

Motywacja

- **Przykład:**
 - **Raport z 2009 roku: “International Assessment of Research and Development in Simulation-Based Engineering and Science”**
 - **Napisany przez panel ekspertów na zlecenie agencji rządowych USA (NSF, NASA, DOE, NIH, NIST, DOD)**
 - **Na podstawie doświadczeń amerykańskich i wizyt w kilkunastu ośrodkach na całym świecie**

“Education and training of the next generation of computational scientists and engineers proved to be the number one concern at nearly all of the sites visited by the panel...”

“There was grave concern, universally voiced at every site in every country including the United States, that today’s computational science and engineering students are ill-prepared to create and innovate the next generation of codes and algorithms...”

“Nearly universally, the panel found concern that students use codes primarily as black boxes, with only a very small fraction of students learning proper algorithm and software development... “

“Students receive no real training in software engineering for sustainable codes, and little training if any in uncertainty quantification, validation and verification, risk assessment or decision making, which is critical for multiscale simulations that bridge the gap from atoms to enterprise... “

Motywacja

- **Nauka i inżynieria oparte o modelowanie komputerowe stają się powszechne i konieczne**
- **Brakuje specjalistów do kontynuacji postępu osiągniętego dotychczas**
- **W wielu krajach mówi się o potrzebie kształcenia nowej generacji specjalistów z dziedziny stosowania symulacji komputerowych w nauce i inżynierii**

Motywacja

- **Pojawiają się nowe wyzwania**
 - **symulacje wielkiej skali**
 - **problemy wieloskalowe i sprzężone (multi-physics)**
 - **symulacje w warunkach niepewności i ryzyka**
 - **nowe architektury procesorów**
 - **wirtualna rzeczywistość**
 - **globalne zasoby obliczeniowe**

Motywacja

- **Studenci-absolwenci uczelni technicznych w Polsce są słabo przygotowani do kreatywnej i innowacyjnej pracy z programami symulacyjnymi.**
- **Nie ma praktycznie kształcenia elitarnej grupy absolwentów, potrafiących programować, nie efektownie tylko efektywnie**

Makrokierunek - wymagania

- **Makrokierunek – obszar kształcenia stanowiący połączenie kierunków studiów o podobnych standardach**
- **Kwalifikacje absolwenta – uwzględniające kwalifikacje kierunków składowych**
- **Treści kształcenia uwzględniające ramowe treści kształcenia kierunków składowych**
- **Nazwa – odpowiadająca obszarowi kształcenia**

Obszar kształcenia

- **Scientific computing**
- **Computational science and engineering**
- **Simulation based engineering and science**
- **Informatyka stosowana**
- **Obliczenia naukowo-techniczne**
- **Nauki obliczeniowe**
- **Symulacje w nauce i technice**
- **Inżynieria obliczeniowa**

Obszar kształcenia

- **Wiedza:**
 - **matematyka: analiza, algebra, rachunek prawdopodobieństwa, statystyka**
 - **nauki przyrodnicze: fizyka, chemia, biologia**
 - **nauki techniczne: mechanika, inżynieria materiałowa, elektronika**
 - **ekonomia i finanse**
 - **informatyka: algorytmy i struktury danych, architektury komputerów**

Obszar kształcenia

- **Umiejętności:**
 - **tworzenie modeli matematycznych**
 - **projektowanie systemów informatycznych**
 - **programowanie**
 - **analiza algorytmów i metod numerycznych**
 - **konfiguracja sprzętu i oprogramowania**
 - **analiza i prezentacja wyników**



Dyscyplina nauki

- **Computational Science and Engineering**
- **Nauki obliczeniowe**
- **Nauka o obliczeniach**

**dział
informatyki**

**dział
matematyki**

**Nauki
Obliczeniowe**

**dyscyplina
naukowa
lub
inżynierska**

Przedmioty nauczania

- **Przedmioty matematyczne**
 - analiza numeryczna
 - numeryczna algebra liniowa
 - optymalizacja
 - badania operacyjne
 - równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe
 - analiza funkcjonalna
 - rachunek prawdopodobieństwa
 - statystyka

Przedmioty nauczania

- **Przedmioty informatyczne**
 - **programowanie i inżynieria oprogramowania**
 - **algorytmy i struktury danych**
 - **algorytmy i obliczenia równoległe**
 - **grafika i wizualizacja komputerowa**
 - **obliczenia wysokiej wydajności**
 - **sztuczna inteligencja**
 - **architektury systemów komputerowych**
 - **sieci komputerowe**
 - **bazy danych**

Przedmioty nauczania

- **Przykładowe dziedziny zastosowań**
 - **naukowe: fizyka, chemia, biologia, nauki o ziemi, astrofizyka**
 - **inżynierskie: mechanika, aerodynamika, inżynieria elektryczna, inżynieria jądrowa, inżynieria materiałowa, metalurgia, robotyka**
 - **ekonomiczne: finanse, statystyka**

- **Możliwości:**
 - **specjalności obliczeniowe w ramach studiów na kierunkach tradycyjnych: matematycznych, informatycznych lub w ramach dziedzin zastosowań**
 - **kształcenie na studiach drugiego i trzeciego stopnia na kierunkach poświęconych obliczeniom naukowo-technicznym**
 - **kształcenie na studiach pierwszego stopnia**

Doświadczenia na świecie

- **Obliczenia naukowo-techniczne jako specjalności w ramach kierunków tradycyjnych:**
 - **matematyka: stosowana i/lub obliczeniowa**
 - **informatyka: stosowana?**
 - **dziedziny zastosowań: fizyka obliczeniowa, chemia obliczeniowa, bioinformatyka, ekonomia obliczeniowa, mechanika obliczeniowa**

Doświadczenia na świecie

- **Program po-licencjacki CS&E w Uniwersytecie Purdue**
 - od 1995, obecnie ok. 80 studentów
 - międzywydziałowy program, 17 wydziałów (oprócz typowych także np. Agronomy, Food Science, Pharmacy Practice)
 - dyplom w ramach wydziału przyjmującego ze specjalnością (mniejszą, *minor*) „Computational Science and Engineering”
 - zarządzanie poprzez komisję z udziałem przedstawicieli wydziałów, finansowanie ze środków uczelni

- **Program po-licencjacki CS&E w Uniwersytecie Purdue**
 - **plan studiów:**
 - **14 przedmiotów stanowiących rdzeń programu (z matematyki stosowanej i informatyki)**
 - **pozostałe przedmioty z oferowanych przez wydziały i zatwierdzonych przez komisję CS&E**
 - **specjalny przedmiot w celu wyrównania poziomu wiedzy informatycznej studentów**
 - **seminaria z udziałem specjalistów (także z zewnątrz)**

Doświadczenia na świecie

- **Program po-licencjacki CS&E w Uniwersytecie Purdue**
 - **stopień M.S. ze specjalnością mniejszą CS&E**
 - **10 przedmiotów lub 7 przedmiotów i praca magisterska**
 - **co najmniej 3 (2 z rdzenia) przedmioty z obszaru CS&E**
 - **stopień Ph.D. ze specjalnością mniejszą CS&E**
 - **co najmniej 4 (2 z rdzenia) przedmioty z obszaru CS&E**
 - **dysertacja**

Doświadczenia na świecie

- **Obliczenia naukowo-techniczne jako kierunek studiów drugiego stopnia**
 - kilkadziesiąt programów na świecie
- **Obliczenia naukowo-techniczne jako kierunek studiów pierwszego stopnia**
 - tylko kilkanaście programów, ale ich liczba rośnie

- **Program CSE w ETH Zurich**
 - **cele i zasady organizacji programu:**
 - **nacisk na zastosowania obliczeń (nabycie wiedzy specjalistycznej w co najmniej jednej, dwóch dziedzinach)**
 - **nacisk na szerokość spojrzenia na zastosowanie obliczeń w różnych dziedzinach**
 - **nacisk na pracę zespołową (także mutlidyscyplinarną)**
 - **nacisk na umiejętności komunikacji**

Doświadczenia na świecie

- **Program CSE w ETH Zurich**
 - **przedmioty podstawowe: analiza, analiza zespolona, bazy danych, programowanie, metody numeryczne, sieci komputerowe, obliczenia równoległe, optymalizacja, mechanika kwantowa, stochastyka, fizyka statystyczna, chemia, fizyka, dynamika płynów**
 - **przedmioty kierunkowe: równania różniczkowe, statystyka obliczeniowa, inżynieria oprogramowania, wizualizacja**

Doświadczenia na świecie

- **Program CSE w ETH Zurich**
 - **specjalności:**
 - **astrofizyka**
 - **fizyka atmosfery**
 - **chemia i biologia**
 - **dynamika płynów**
 - **teoria sterowania**
 - **robotyka**
 - **fizyka teoretyczna**

Doświadczenia na świecie

- **Program CSE w ETH Zurich**
 - **stopień licencjata (Bachelor of Science ETH in Computational Science and Engineering)**
 - **program dwuletni (przyjęcie po roku studiów podstawowych na ETH lub gdzie indziej)**
 - **przedmioty podstawowe (14) - 65 ECTS, przedmioty kierunkowe (2), specjalnościowe (2) i wybieralne (2) oraz seminarium i praca licencjacka - 55 ECTS**

- **Program CSE w ETH Zurich**
 - **stopień magistra (Master of Science ETH in Computational Science and Engineering)**
 - **rok studiów plus 4 miesiące praca magisterska**
 - **90 punktów ECTS (pozostałe 2 przedmioty kierunkowe, 4 przedmioty z dwóch specjalności, 2 przedmioty wybieralne, udział w dwóch seminariach, projekt zespołowy z jednej z specjalności)**

Doświadczenia w Polsce

- **Pionierskie działania w ramach kierunku studiów „Podstawowe Problemy Techniki” w latach 70-tych**
- **Ponowne zainteresowanie w następstwie rozwoju studiów informatycznych („informatyka stosowana”)**
- **Zmiany związane z wprowadzaniem studiów wielostopniowych**

Problemy kształcenia

- **Organizacja studiów**
 - **standardy – profil kształcenia**
 - **oferta dla absolwentów studiów I stopnia**
- **Sylwetka absolwenta ułatwiająca zatrudnienie po uzyskaniu dyplomu**
- **Rozłożenie akcentów w programie studiów**
 - **rola i udział matematyki i informatyki**
 - **proporcja między wiedzą i praktycznymi umiejętnościami**
 - **nacisk na ogólną metodologię komputerowego rozwiązywania problemów lub specjalistyczne techniki z dziedziny zastosowań**

Problemy kształcenia

- **Uwzględnienie technik komputerowych poza modelowaniem matematycznym**
 - rzeczywistość wirtualna, techniki internetowe, przetwarzanie danych, systemy operacyjne
- **Wybór języka programowania**
 - Fortran, C, Python, MATLAB?

Propozycja makrokierunku

- **Profil absolwenta**
 - **Osoba umiejąca dobrze wykorzystywać złożone programy uruchamiane na zaawansowanych platformach sprzętowych i programowych**
- **Studia I stopnia: umiejętności**
 - **bardziej administratorzy systemów informatycznych niż programiści**
- **Studia II stopnia: twórcze wykorzystanie wiedzy**
 - **specjalności**

Propozycja makrokierunku

- **Specjalności:**
 - **Obliczenia w naukach ścisłych**
(Kształcenie ukierunkowane na symulacje w oparciu o programy komercyjne zjawisk fizycznych i chemicznych)
 - **Obliczenia w naukach technicznych**
(Kształcenie ukierunkowane na symulacje w oparciu o programy komercyjne zjawisk zachodzących w procesach technologicznych)
 - **Podstawy nauk obliczeniowych**
(Kształcenie ukierunkowane na działalność naukową i badawczo-rozwojową)