

I N F O R M A T Y K A - NAUKA, SZTUKA, CZY RZEMIOSŁO?

WYKŁAD INAUGURACYJNY
PROF. DR. HAB. INŻ. MARIANA ADAMSKIEGO

1. Wprowadzenie

Przystępując do przygotowywania wykładu inauguracyjnego dla studentów pierwszego roku ze wszystkich kierunków studiów Uniwersytetu Zielonogórskiego stanąłem przed bardzo trudnym zadaniem. Chciałem, aby moje wystąpienie miało charakter zarówno popularyzatorski, jak i polemiczny. Zadając sobie prowokacyjne pytanie, czym jest informatyka, pragnąłem wesprzeć się opiniami znanych mi osobiście polskich autorytetów naukowych z tej dziedziny. Inspiracją do wykładu były dla mnie wykłady lub publikowane wypowiedzi profesorów: Ryszarda Tadeusiewicza, Jana Węglarza oraz Stefana Węgrzyna, zaczerpnięte z cytowanych źródeł. Ponadto korzystałem z kilku klasycznych już książek z informatyki, napisanych między innymi przez profesorów Harela, Knutha i Wirtha. Niestety, nawet po wielu przemyśleniach i dyskusjach w gronie najbliższych kolegów nadal nie potrafię sam sobie udzielić satysfakcjonującej odpowiedzi. Niech usprawiedliwieniem dla mnie będą różnice zdań między ekspertami.

2. Informatyka jako dyscyplina naukowa

Informatykę można rozpatrywać jako:

- samodzielną dyscyplinę naukową,
- narzędzie wykorzystywane przez inne nauki,
- gałąź techniki,
- przemysł wytwarzający sprzęt i oprogramowanie.

Z tego względu informatyka posługuje się własnym systemem pojęć.

Bada ona prawa rządzące procesami kodowania, zapisywania, przetwarzania i przesyłania informacji. Systemami informatyki są więc te systemy, w których realizowane są procesy kodowania, przechowywania, przetwarzania i przekazywania danych. Według prof. Stefana Węgrzyna, autora powyższej definicji, informatyka spełnia we współczesnej nauce rolę szczególną. „Informatyka jako samodzielna dyscyplina naukowa o własnych, specyficznych pojęciach podstawowych, oprócz komputerów, systemów komputerowych i ich oprogramowania wniosła i wnosi do nauki wartości o znacznie większym ciężarze gatunkowym niż wprowadzenie komputerów i metod komputerowych. Szczególności informatyki polegają na tym, że podczas gdy inne dyscypliny naukowe takie jak fizyka, chemia, mechanika oraz energetyka badają **prawa rządzące przetwarzaniem masy i energii**, to dyscyplina naukowa *informatyka* zaczęła po raz pierwszy badać **prawa rządzące przetwarzaniem informacji**”.

Informatyka stworzyła burzliwie rozwijający się, bogaty i nowoczesny przemysł komputerowy, a ten z kolei wymusza i wspiera intensywny rozwój związanej z nim nauki. Przemysł informatyczny, zajmujący się wytwarzaniem komputerów i systemów komputerowych wraz z ich oprogramowaniem wkracza również mocno w obszary elektroniki cyfrowej.

Można zadać sobie tutaj następujące pytanie: czy informatyka nie zawiera się już w takich klasycznych dyscyplinach naukowych, jak matematyka, fizyka, elektrotechnika, językoznawstwo, logika i filozofia? [Dawid Harel].

Choć ciągle rozwijająca się informatyka sporo zaczerpnęła z bardziej dojrzałych i ustabilizowanych dyscyplin naukowych, panuje już zgodna opinia, że wyraźnie wyodrębniła się ona z innych nauk, mimo że istniejące silne związki nadal zacierają granice między nimi. Najbardziej oczywisty jest tradycyjny związek informatyki z matematyką. Trudno jest na przykład twierdzić, że teoria algorytmów jest obecnie tylko wyłączną domeną informatyków, a przestała interesować matematyków. Inżynieria komputerowa, jako zajmująca się głównie technologiczną stroną informatyki, posługuje się podobnymi metodami matematycznymi, co inżynieria oprogramowania. Nowego algorytmicznego podejścia do systemowego projektowania elektronicznych układów cyfrowych nie należy na siłę oddzielać od nowoczesnej informatyki, gdyż posługuje się ono dokładnie tymi samymi środkami programowymi (np. uniwersalne języki wysokiego poziomu, zaawansowane środowiska graficzne) i opiera na spójnych z nią podstawach teoretycznych. Obliczenia ewolucyjne w informatyce czerpią z doświadczeń genetyki, zaliczanej tradycyjnie do biologii, a rozwijanej głównie dla potrzeb nauk medycznych i rolniczych. Teoria informacyjnych systemów decyzyjnych opiera się na logice, a jej obszerne zastosowania wkraczają, na przykład, do tradycyjnych obszarów elektroniki, automatyki i medycyny.

Interesująca koncepcja rozpatrywania organizmów żywych jako biologicznych systemów informatyki (z samoreplikacją), która pojawiła się w pracach prof. Stefana Węgrzyna, przeciwstawia się poglądom, że informatyka jest tylko nauką o technicznych systemach informatyki. „Wszędzie, gdzie kończy się materia nieożywiona, a zaczyna materia ożywiona, pojawiają się, jako symptomy życia, zakodowane zapisy informatyczne i systemy ich wykorzystywania”. Z drugiej strony dzisiaj nie można sobie wyobrazić informatyki bez elektronicznego sprzętu komputerowego, sieci komputerowych i powszechnie stosowanego standardowego oprogramowania. Patrząc jednak perspektywnie, znacznie dalej, z uwagą przyglądamy się



nanosystemom informatyki, gdzie dogłębna znajomość matematyki, fizyki, chemii i biologii może przynieść znaczące efekty praktyczne.

3. Wykształcenie informatyczne

Według tradycyjnych poglądów, wykształcenie informatyczne, mimo wspólnego rdzenia (kanon) ma swoje specyficzne cechy, w zależności od typu wyższej uczelni, w której zostało uzyskane. Uniwersytety kładą nacisk na aspekty teoretyczne takie, jak na przykład algorytmika, metody numeryczne, teoria obliczalności itp. Politechniki kształcą w studentach umiejętność projektowania, tworzenia i oprogramowywania złożonych systemów informatycznych. Akademie ekonomiczne preferują nauczanie różnorodnych metod stosowania komputerów w gospodarce, w tym szczególnie internetu.

Różnorodne oblicza informatyki prowadzą nieraz do nieporozumień. Według ACM (The Association for Computing Machinery), tradycyjny polski termin informatyka odpowiada angielskiemu terminowi *computing*, obejmującemu zarówno *computer science* (informatykę teoretyczną i inżynierię oprogramowania), jak i *computer engineering* (inżynierię komputerową). Z tego względu określanie całości informatyki (*computer science* and *computer engineering*) tylko poprzez pierwszy termin *computer science* jest uważane za niefortunne [Jan Węglarz]. „Głównymi pojęciami współtworzącymi pojęcie informatyki i współokreślającymi jej zakres są pojęcia **algorytmu i komputera**”.

Nie tylko z tego względu trudno się pogodzić z utożsamianiem całości dyscypliny *informatyka* (jako terminu w języku polskim) z „czystą informatyką”, opartą jedynie na matematyce, egzystującą prawie w oderwaniu od komputerów i formalnych matematycznych podstaw ich projektowania i programowania. Nie oznacza to jednak, że informatyka nie jest najściślej związana właśnie z matematyką.

4. Informatyka teoretyczna i informatyka stosowana

Można obecnie zauważyć tendencję do znacznego rozszerzenia zakresu dyscypliny informatyka o kierunki pokrewne i niektóre obszary jej zastosowań. „Nawet jeśli w renomowanych uczelniach jesteśmy bardzo dumni z tego, że kształcimy znakomitych informatyków, prawdziwą elitę tego zawodu, to jednak społeczeństwa informacyjnego – czymkolwiek by nie było! - nie da się stworzyć wyłącznie dla elity i nie może ono działać wyłącznie przez elity. (...) Konieczna jest także inicjatywa kształcenia ludzi, będących specjalistami w zastosowaniach informatyki w różnych dziedzinach” [Ryszard Tadeusiewicz].

Większość potrzeb praktyki mogą zaspokajać specjaliści znający dogłębnie zasady używania określonych urządzeń informatycznych (np. administratorzy sieci komputerowych), programiści - wykwalifikowani użytkownicy standardowego oprogramowania, a nie wyłącznie twórcy nowych koncepcji naukowych i związanych z nimi algorytmów i oprogramowania.

„Czysta” informatyka nazywana jest czasami informatyką teoretyczną, dla odróżnienia od informatyki stosowanej. Niektórzy autorzy używają pojęcia informatyka techniczna na określenie dziedziny wykładanej na politechnikach. Spotyka się określenia informatyka ekonomiczna, chemiczna, fizyczna, itp., co nie zawsze jest aprobowane, zwłaszcza przez naukowców, pracujących w głównym, zasadniczym nurcie dyscypliny naukowej *informatyka*.

Rozszerzenie tradycyjnego obszaru informatyki ma jednak swoich gorących zwolenników. „Traktowana w sposób zunifikowany *informatyka* prowadzi do częstych i jałowych sporów, czy praca naukowa (na przykład rozprawa doktorska lub habilitacyjna) należy do „prawdziwej” informatyki, czy nie [Ryszard Tadeusiewicz].

Nasz Uniwersytet Zielonogórski, jako jeden z nielicznych w Polsce ma zarówno wydziały techniczne, jak i matematyczno-przyrodnicze oraz humanistyczne. Chciałbym, aby informatyka, jako nauka interdyscyplinarna, była jednym z czynników jednoczących nas wszystkich, zarówno działających w tej dyscyplinie w sposób twórczy, naukowy, jak i wykorzystujących rezultaty rewolucji informacyjnej w innych, niekoniecznie pokrewnych dyscyplinach nauki.

5. Informatyka a historia

Należy przypomnieć najprawdopodobniej nieznanemu młodemu studentowi, fakty z początków polskiego przemysłu komputerowego. Zaraz po drugiej wojnie światowej grupa matematyków i elektroników przystąpiła do budowy pierwszego polskiego komputera, korzystając z lamp i innych elementów elektronicznych, pozostawionych przez armię niemiecką. Można tu w skrócie wymienić kilka faktów wiążących się z historią informatyki w Polsce:

- 1948 r. Grupa Aparatów Matematycznych (GAM) przy Państwowym Instytucie Matematycznym w Warszawie rozpoczęła projekt i realizację „Elektronicznej Maszyny Automatycznie Liczącej EMAL”. Niestety do 1956 r. nie udało się jej w pełni uruchomić.
- 1958 r. Powstaje „Maszyna XYZ” w Zakładzie Aparatów Matematycznych ZAM, i zaczyna się jej pomyślna eksploatacja.
- 1960 r. Zaczątek języków programowania, SAK0, polski „Fortran”

„A co z tego w końcu wyszło, to jest już całkiem inna historia” (Leon Łukaszewicz).

6. Algorytmika

Języki programowania, definiowane formalnie, są przeznaczone do opisu algorytmów. Zapis metody obliczeniowej w języku programowania nazywamy programem. Współczesne znaczenie słowa algorytm jest podobne do znaczenia słów przepis, proces, metoda, technika, procedura, ale może być trochę węższe. Słowem algorytm określa się jeszcze skończony zbiór reguł, wskazujący kolejność operacji przy rozwiązywaniu problemu pewnego typu (metoda obliczeniowa). Komputery tradycyjnie wiąże się z rozwiązywaniem problemów numerycznych, takich jak znajdowanie pierwiastków równania, interpolacja, całkowanie itp. Od wczesnych lat sześćdziesiątych komputery częściej są jednak używane do rozwiązywania problemów nienumerycznych, wykorzystuje się właściwości komputera umożliwiające podejmowanie decyzji, a nie (tylko) wykorzystywanie operacji arytmetycznych.

Programy stanowią skonkretyzowane sformułowania abstrakcyjnych algorytmów, na podstawie ich określonej reprezentacji i struktury danych. Algorytm, to abstrakcyjny przepis, opisujący działanie, które może być wykonane przez człowieka,

przez komputer lub w inny sposób. Korzyści odnosimy jednak przede wszystkim wówczas, gdy opisane algorytmem działanie ma wykonać komputer. Algorytmika tworzy tylko „podmurówkę” (fundament) informatyki, ale jej nie zastępuje [Dawid Harel].

7. Programowanie

„W dzisiejszych czasach programowanie stało się dziedziną wiedzy, której opanowanie ma zasadnicze znaczenie przy rozwiązywaniu wielu problemów inżynierskich, a którą przy tym można badać i prezentować w sposób naukowy. „Programowanie awansowało – przestało być **rzemiosłem**, a stało się dyscypliną akademicką” (Niklaus Wirth - twórca języka Pascal, autor klasycznej książki „Algorytmy + struktury danych = programy”).

Informatyk jest kojarzony najczęściej z programistą. Według Donalda Knutha dobry programista powinien:

- Orientować się, jak działa komputer cyfrowy.
- Umieć wyrażać rozwiązania problemów w sposób na tyle prosty, aby komputer był w stanie je „zrozumieć”.
- Dysponować pewną wiedzą na temat podstawowych technik obliczeniowych.
- Rozumieć choć trochę żargon komputerowy (pamięć, rejestry, bity, zmiennopozycyjny...).

Autor wielotomowej „Sztuki programowania” („The Art of Computer Programming”) traktuje pojęcie „programista” szerzej, niż określenie tylko „rzemieślnika”, zapisującego w języku programowania z góry narzucony algorytm. Uważa on, że proces algorytmizacji i przygotowywania programu dla komputera cyfrowego jest pociągający nie tylko ze względu na potencjalne korzyści ekonomiczne czy naukowe. „Wiążą się z nim również **przeżycia estetyczne, podobne do tworzenia poezji lub komponowania muzyki** [Donald Knuth]. W praktyce nie zadawaliśmy się bowiem dowolnym algorytmem. „Chcemy algorytmów dobrych w sensie pewnej nieściśle określonej estetyki. Jakość programu oceniana jest najczęściej poprzez czas jego wykonania, prostotę i trudną do sformalizowania **elegancję**”. Trudno tu nie wierzyć informatykowi, a równocześnie humaniście i muzykowi, wybitnemu znawcy muzyki organowej.

Programowanie jest dziedziną wielce zróżnicowaną, często wymagającą złożonej **działalności intelektualnej** [Niklaus Wirth]. Programowanie to konstruktywna i twórcza działalność, opierająca się na systematycznym i naukowym podejściu do konstrukcji programów. Programowanie jest więc **sztuką konstruktywną**.

8. Wiza społeczeństwa informacyjnego. Internet

W wielu oficjalnych dokumentach Unii Europejskiej podkreśla się wręcz rewolucyjną rolę technik informacyjnych w rozwoju cywilizacyjnym. Znany *raport Bangemann* (1994) podkreśla, że postęp technologiczny pozwala już na przetwarzanie, przechowywanie, wyszukiwanie i przesyłanie informacji, niezależnie od sposobu jej zapisu oraz bez ograniczeń stawianych przez odległość, czas i objętość. Internet stał się synonimem nowoczesności i elementem normalnego, codziennego życia w Polsce, choć nadal nie jest on jeszcze dla wszystkich wystarczająco dostępny. Mimo natłoku - nawet bardzo atrakcyjnej w formie - multimedialnej informacji internetowej, dobrze, że wykształcenie wyższe nadal wiąże się z bezpośrednim kontaktem z nauczycielem akademickim. „Przy wartościowaniu zdobywanej wiedzy i przy wykorzystywaniu napotykanym w Internecie zasobów informacji ogromnie użyteczna jest szersza (nie tylko komputerowa) wiedza, oraz ta **specyficzna mądrość**, której jedynym źródłem może być **osobiste doświadczenie**” [Ryszard Tadeusiewicz]. Ważna jest nie tylko informatyczna sprawność w korzystaniu z zasobów Internetu (gdzie młodzież ma bezdyskusyjną przewagę nad nauczycielami), ale również rozwaga i obszerna wiedza ogólna, właściwa dobrym nauczycielem.

9. Informatyka jest dyscypliną nauki i technologii

Zespół powołany przez ASM w celu zdefiniowania informatyki jako dyscypliny, podaje następującą definicję (tekst według artykułu prof. Jana Węglarza):

„Informatyka to systematyczne badanie procesów algorytmicznych, które opisują i przetwarzają informację: ich teoria, analiza, projektowanie, efektywność, implementacja i zastosowanie. Fundamentalne pytanie brzmi: co można (efektywnie) zautomatyzować?”

Informatyka ma tę specyfikę, że jej podstawy matematyczne są wyjątkowo ściśle, wręcz integralnie związane z częścią aplikacyjną. Należy jednak zachować tutaj właściwą proporcję między teorią i praktyką, która obecnie czasami za bardzo przechyla się w stronę doraźnie rozumianej praktyki. Informatyka traktowana tylko jako „nauka o komputerach” (dosłowne wy tłumaczenie angielskiego terminu *computer science*), to tak jak chirurgia, nazywana „nauką o nożu” [Dawid Harel]. Nie można jednak wyobrazić sobie chirurga zarówno bez odpowiedniej wiedzy medycznej, jak i bez noża, choćby w formie nowoczesnego narzędzia laserowego. Dlatego wielu jest zwolenników kształcenia studentów zarówno w dziedzinie informatyki teoretycznej, jak i stosowanej.

Zgodnie z inną żartobliwą wypowiedzią Dawida Harela bywa tak, że „książki informatyczne traktujące głównie o komputerach, cierpią zwykle na chorobę „bitu-bajtu”, a książki o programowaniu wykazują objawy choroby „średnika”. Czytelnik zostaje uwikłany głównie w szczegóły danego komputera lub danego języka (bądź też obu). Niestety, nadal jest niewiele książek, dotyczących istotnych podstaw informatyki. Jedną z nich jest właśnie „Rzecz o istocie informatyki – algorytmika” Dawida Harela. Aby docenić jej piękno, należy ją przeczytać jeszcze raz, po zaliczeniu kilku najważniejszych przedmiotów, zarówno teoretycznych, jak i praktycznych, należących do kanonu informatyki.

Dzisiejsze komputery również ciężko pracują pomagając w projektowaniu jeszcze potężniejszych komputerów jutra. To stwierdzenie Harela stanowi *motto* mojej codziennej pracy jako naukowca i nauczyciela akademickiego, zajmującego się między innymi formalnymi metodami projektowania złożonych układów cyfrowych, zapelniających wnętrza nowoczesnych komputerów.

10. Pytania laika?

Czy jest sens rozpatrywania informatyki w oderwaniu od komputerów (elektronicznych, biologicznych, molekularnych...)? Czy projektowanie sprzętu komputerowego metodami formalnymi, to też informatyka? Funkcjonowanie złożonego systemu cyfrowego opisywane jest najpierw algorytmem, a następnie sformalizowanym językiem (językiem opisu sprzę-

tu, Hardware Description Language). Najbardziej rozpowszechnione na świecie języki HDL przypominają języki programowania komputerów (Verilog – język C, VHDL – język ADA).

Czy projektant elektronicznego układu cyfrowego, opracowywanego na podstawie algorytmu przedstawianego na poziomie systemowym i opisywanego w języku programowania jest informatykiem, czy tylko elektronikiem?

11. Podsumowanie

Opierając się na wypowiedziach słynnych polskich profesorów, a zwłaszcza cytując definicję prof. Jana Węglarza, można stwierdzić, że głównymi pojęciami współtworzącymi pojęcie informatyki i współokreślającymi jej zakres są pojęcia **algorytmu i komputera** oraz ich wzajemne związki. Istotą informatyki jest **myślenie algorytmiczne**, które jest istotne dla wszystkich dyscyplin nauki. Występująca w nich mniej lub bardziej wyraźnie **informacja** może być opisana i przetworzona. **System komputerowy** jest bardzo istotnym narzędziem do automatycznego i efektywnego przetwarzania tej informacji w sposób sterowany przez odpowiednie procesy algorytmiczne. **Techniczne systemy informatyki** mogą mieć jednak różną formę [Stefan Węgrzyn], sięgającą nawet poziomu kwantowego.

12. Prezentacja multimedialna

W końcowej części wystąpienia przedstawiono dwie animowane prezentacje multimedialne. Pierwsza z nich opisuje znacznie uproszczony projekt systemu sterowania dyskretnego. Ze względu na konieczność precyzyjnej koordynacji współbieżnie przebiegających procesów, uzasadniona jest specyfikacja funkcjonowania reaktora chemicznego w sposób formalny, umożliwiający zarówno analizę poprawności algorytmu w sposób ścisły, poparty zaawansowaną teorią matematyczną, jak i jej komputerową symulację na różnych poziomach abstrakcji. Ten sam algorytm sterowania procesem może być reprezentowany zarówno w formie programu w uniwersalnym języku wysokiego poziomu dla standardowego komputera, zapisany jako program w języku graficznym dla specjalizowanego komputera - sterownika PLC (Programmable Logic Controller), jak i przedstawiony w języku opisu sprzętu (VHDL), umożliwiającym jego implementację w reprogramowalnej strukturze półprzewodnikowej FPGA. Zadaniem szkicu projektu było pokazanie, jak bardzo interdyscyplinarny charakter ma informatyka i jak bardzo płynne są granice między klasyczną, „czystą informatyką”, a jej zastosowaniami. Omawiając przykład, postawiono kilka pytań. Jedno z nich dotyczące kwestii, kiedy formalna specyfikacja behawioralna (algorytm funkcjonowania projektowanego systemu) przestaje być dziedziną matematyki, zaczyna być już przedmiotem zainteresowań informatyki, a nie jest jeszcze typowym zagadnieniem technologii. Kwestię ścisłego rozgraniczenia między informatyką, traktowaną jako nauka, sztuka użytkowa (inżynierska) i rzemiosłem zawodowym pozostawiono otwartą.

Rozpatrywany problem szczegółowy dotyczył zagadnienia, kiedy sieć Petriego przestaje być traktowana jako abstrakcyjny **graf** (matematyka), a staje się zwartą formą nietrywialnego **algorytmu** (informatyka) lub konkretnym **programem** dla sterownika logicznego (znormalizowana forma, Sequential Function Chart - SFC).

Druga prezentacja multimedialna miała zachęcić młodego studenta do zajrzenia do wnętrza komputera i zainteresowania się jego architekturą, konkretną fizyczną realizacją i jego zasadami projektowania.

13. Epilog

Bardzo podoba mi się dowcipna wypowiedź prof. Ryszarda Tadeusiewicza: „W przekonaniu adwersarzy prawdziwą informatyką jest głównie to, czym oni sami się aktualnie zajmują”. Choć to stwierdzenie odnosi się również i do mnie, ośmielał się również zabrać głos w dyskusji. Różnorodność i interdyscyplinarność informatyki jest dla mnie jej zaletą. Z tego względu, podobnie jak prof. Tadeusiewicz, jestem zwolennikiem jej dalszej ekspansji, a nie ortodoksyjnego, administracyjnego jej zamykania do ram „czystej nauki”, bez silnej domieszki technologii. Jednak rutynowego, bezmyślnego „stukania w klawiaturę” (trafne określenie jednego z moich kolegów - profesorów z Uniwersytetu Zielonogórskiego), pozbawionego dobrej znajomości podstaw naukowych i technologicznych informatyki, nie należy utożsamiać z *informatyką stosowaną*.

Literatura:

Donald E. Knuth: „Sztuka programowania”. WNT, Warszawa, 2002

Leon Łukaszewicz: „O początkach informatyki w Polsce. Od grupy aparatów do Instytutu Maszyn Matematycznych”. Informatyka, 24, 1989

Ryszard Tadeusiewicz: „Opinia o celowości utworzenia nowego kierunku kształcenia pod nazwą »Informatyka stosowana« na tle inicjatyw Unii Europejskiej związanych z tworzeniem Społeczeństwa Informacyjnego”. Kraków, 1.01 2001

Ryszard Tadeusiewicz: „Społeczność Internetu”. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2002

Niklaus Wirth: „Algorytmy + struktury danych = programy”. WNT, Warszawa 1980, 2001

Jan Węglarz: „Informatyka jako dyscyplina a wizja społeczeństwa informacyjnego”. Pro Dialog 7 (1998), 1-9

Stefan Węgrzyn: „Stan informatyki jako dyscypliny naukowej”. W: „Nauka w Polsce w ocenie Komitetów Naukowych PAN, Komitet Informatyki PAN”. PAN, KBN, Warszawa 1995, Tom 1

Stefan Węgrzyn: „Techniczne, nano- i kwantowe systemy informatyki”. Automatyka (AGH Kraków), 2000, Tom 4, Zeszyt 2, 175-192