

Agata Berdowska
Gabriela Górecka-Berdowska

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

OD ABAKUSA DO KOMPUTERA

Wprowadzenie

Inspiracją do napisania tego artykułu były pytania stawiane (jednej z autorek) przez studentów I roku Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach o cel nauczania matematyki na tej Uczelni. W odpowiedzi otrzymali zapewnienie, że matematyka jest m.in. narzędziem prowadzonym w kolejnych przedmiotach, że uczy logicznego myślenia, szybkiego podejmowania optymalnych decyzji, algorytmów do rozwiązywania problemów, że w dalszej nauce będą mogli zobaczyć zastosowania matematyki nie tylko w naukach ekonomicznych. Można tu zacytować S.K Steina [1998]: „Matematyka jest jak słoń ze znanej przypowieści, w której miało go opisać trzech ślepców. Jeden dotknął nogi i powiedział, że słoń przypomina drzewo. Drugi dotknął trąby i powiedział, że słoń przypomina węża. Trzeci dotknął ucha i uznał, że słoń przypomina nietoperza. Tak jest i z matematyką. Kto zna ją tylko jako metodę dokonywania obliczeń, na przykład obliczania długości i powierzchni albo dochodów i kosztów – temu wydaje się podobna do młotka lub śrubokrętu. Kto widzi, jak została wykorzystana do opisanie grawitacji, albo geometrii chromosomów, zapewne uważa ją za uniwersalny język fizycznego wszechświata. Kto zaś przeszedł kurs geometrii lub rachunku różniczkowego i całkowego, może uznać matematykę za naukę rozwijającą umiejętności analityczne, za swego rodzaju »salę treningową«, ułatwiającą karierę w tak popłatnych zawodach jak biznes, prawo i medycyna”.

Wskazanie chociaż częściowo wyżej wymienionych korzyści teoretycznie powinno prowadzić do zwiększenia chęci uczenia się tego przedmiotu.

Szczególnie interesującym dla autorek było spojrzenie studentów Wydziału Informatyki i Komunikacji UE Katowice na korzyści wynikające z uczenia się matematyki. Luźne wypowiedzi studentów studiów zaocznych, kończących pierwszy rok studiów, zawierały stwierdzenia: „Informatyka bazuje na matematyce”; „Komputer to maszyna licząca”; „Algorytmy stosowane w informatyce to praktyczne zastosowanie matematyki”; „Matematyka to podstawa działania systemów i urządzeń informatycznych”; „Im bardziej skomplikowane są funkcje

i wyrazy, tym łatwiejszy dla użytkownika jest program”; „Komputer działa dzięki algebrze Boola’a, grafika bazuje na funkcjach, bazy danych na zbiorach – dla informatyki matematyka jest bardzo ważna”.

Te wyrywkowe stwierdzenia skłoniły autorki do postawienia studentom tego wydziału kolejnych pytań dotyczących związków matematyki z rozwojem komputera, maszyny, która we współczesnym świecie odgrywa dominującą rolę w niemal każdej dziedzinie życia. Młodemu pokoleniu komputery towarzyszą od najmłodszych lat i służą zarówno do zabawy, jak i nauki. Coraz rzadziej jednak młodzi ludzie zdają sobie sprawę ze złożoności tego narzędzia, a przede wszystkim jego związku z matematyką. Mało kto zastanawia się nad tym, że zbudowanie tej istotnej dla współczesnej cywilizacji maszyny, poprzedzał stopniowy rozwój środków i urządzeń ułatwiających liczenie, do budowy których przyczyniła się przede wszystkim matematyka.

W listopadzie 2011 r. autorki przeprowadziły wśród studentów I i III roku studiów stacjonarnych Wydziału Informatyki i Komunikacji (WIK-u) Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach badanie ankietowe, pozwalające ustalić, czy studenci zetknęli się z pewnymi zagadnieniami historii rozwoju komputerów oraz czy dostrzegają związek informatyki z matematyką. Przebadanych zostało 47 studentów wybranych losowo (22 osoby z I roku i 25 osób z III roku).

Studentom postawiono 6 pytań. Pytanie pierwsze: Czy liczydło można uznać za historyczny pierwowzór komputera? Wśród studentów pierwszego roku na to pytanie pozytywnie odpowiedziało 72,73%, natomiast z trzeciego roku 80% badanych.

Zapytano także, czy kalkulator był pierwowzorem komputera. Odpowiedzi pozytywnej udzieliło prawie 82% studentów I roku oraz dokładnie 92% studentów III roku.

Kolejnym pytaniem zadany studentom było: Czy w Pana/i opinii komputer nadal jest maszyną liczącą? Na to pytanie studenci odpowiedzieli „Tak” w 100% zarówno na pierwszym, jak i na trzecim roku.

Czwarte pytanie dotyczyło systemów liczbowych. Znajomość poszczególnych systemów liczbowych przez studentów I i III roku przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Znajomość systemów liczbowych

System Rok	Rzymski	Dziesiętny	Dwójkowy	Ósemkowy	Szesnastkowy	Żadnego
I	90,91%	90,91%	72,73%	45,45%	50,00%	0,00%
III	88,00%	96,00%	88,00%	56,00%	60,00%	4,00%

Zapytano także studentów, do czego w informatyce jest używany system binarny. W tabeli 2 przedstawiono wyniki udzielanych odpowiedzi.

Tabela 2

Zastosowania kodu binarnego

Zastosowanie \ Rok	Do przetwarzania danych wewnątrz komputera	Do reprezentacji liczb	Do kodowania liczb dziesiętnych, znaków alfabetu i symboli (np. ASCII, UNICODE)	Do kodowania grafiki i dźwięku	W protokołach transferu danych (np. TCP/IP)	Nie wiem
I	72,73%	22,73%	36,36%	31,82%	40,91%	18,18%
III	96,00%	64,00%	68,00%	44,00%	52,00%	0,00%

Szóste i ostatnie pytanie dotyczyło opinii studentów co do tego, czy matematyka jest niezbędna do rozwoju informatyki. Odpowiedzi „Tak” udzieliło 90,91% studentów pierwszego roku i 92,00% studentów III roku.

Z przedstawionych wyników badań można w zasadzie wywnioskować, że większość studentów informatyki dostrzega związek pomiędzy informatyką a matematyką, zarówno w sferze historycznej, jak i realnej. Jednak z odpowiedzi udzielonych na piąte pytanie wynika, że studenci nie znają wszystkich wymienionych w ankiecie zastosowań kodu binarnego, co wpływa na ich spojrzenie na relacje matematyki z informatyką. To widać również w odpowiedziach na ostatnie pytanie (około 10% studentów nie jest przekonanych o takiej zależności). To skłoniło autorki do przedstawienia szerszego spojrzenia na ten problem, do głębszego przeanalizowania wpływu osiągnięć w historii matematyki na rozwój informatyki i na budowę współczesnych komputerów.

1. Geneza systemów liczbowych i maszyn liczących

Liczenie jest jedną z najbardziej podstawowych i pierwotnych operacji matematycznych wykonywanych przez człowieka. Polega na nadawaniu przedmiotom tego samego rodzaju kolejnych liczebników porządkowych. Liczenie pozwala określić ilość np. przedmiotów, pieniędzy czy liczby członków grupy. Umiejętność ta umożliwia opisywanie otaczającej rzeczywistości w sposób precyzyjny, syntetyczny i jednoznaczny [Troskoleński, 1960].

Początkowo człowiek liczył pomagając sobie palcami, jednak z czasem potrzebował do liczenia także zapisu. To spowodowało, że w wielu kulturach sta-

rożytnych (m.in. w Egipcie, Babilonie, Chinach, Grecji oraz Indiach) zaczęto stosować do zapisu liczb różne umowne znaki (symbole), które nazywano cyframi [Empacher, Sęp, Żakowska, Żakowski, 1970].

Jednym z pierwszych systemów zapisu liczb, w ograniczonym zakresie używanym do dzisiaj, jest **system rzymski**. Składa się on z siedmiu cyfr za pomocą których zapisywane są liczby. Są to cyfry: I, V, X, L, C, D, M (wartości tych cyfr podano w tabeli 3).

Tabela 3

Wartości cyfr rzymskich

Symbol	Wartość
I	Jeden
V	Pięć
X	Dziesięć
L	Pięćdziesiąt
C	Sto
D	Pięćset
M	Tysiąc

Źródło: Na podstawie: [Empacher, Sęp, Żakowska, Żakowski, 1970].

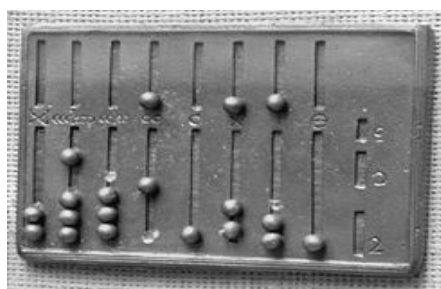
System rzymski jest tak zwanym **addytywnym systemem liczbowym**, co oznacza, że wartość żądanej liczby otrzymuje się poprzez dodanie wartości reprezentowanych przez kolejne cyfry, np. liczba trzysta jedenaście w systemie rzymskim będzie zapisana następująco: CCCXI. Jeżeli cyfra o mniejszej wartości występuje przed cyfrą o większej wartości, to należy wykonać odejmowanie (od znaku reprezentującego większą wartość, ten reprezentujący mniejszą), np. IV oznacza liczbę cztery [Ore, 1988].

Okolo VIII wieku p.n.e. hinduski matematyk Pingala wynalazł pierwotny binarny (dwójkowy) system liczbowy. System ten do zapisu liczb wykorzystuje cyfrę zero i jeden. Ta zasada obowiązuje we współcześnie stosowanym systemie dwójkowym, gdzie każda liczba dziesiętna przedstawiona jest przy pomocy dwóch cyfr 0 i 1 ustawionych w określonej pozycji, a wagi są kolejnymi potęgami liczby 2 [Graves, 2009].

Sposób zapisu liczb nazywany przez nas **systemem dziesiętnym** powstał prawdopodobnie w VI wieku n.e. w Indiach. System ten składa się z dziesięciu cyfr: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (nazywanych arabskimi, ponieważ rozpowszechniony został przez arabskiego uczonego Al-Chwarizmiego w traktacie pt. „O rachunku indyjskim” [Kordos, 2010]). Jest to **system pozycyjny jednorodny**, co oznacza, że pozycja każdej cyfry w zapisie liczby ma bardzo istotne znaczenie, a wagi są potęgami liczby 10 będącej podstawą systemu. Każda cyfra jest nieza-

leżna od innych cyfr ją otaczających [Sowiński, 1965]. Al-Chwarizmi opisał również sposób wykonywania działań pisemnych w systemie dziesiętnym. Od jego nazwiska stosowany jest do dzisiaj termin algorytm* [Kordos, 2010].

Starożytni (m.in. Chińczycy, Rzymianie, Grecy i Egipcjanie) w celu ułatwienia obliczeń w systemie dziesiętnym, stosowali narzędzie nazywane **abakusem (abak)**. Pierwotnie była to deska z piaskiem, na której wyznaczano równoległe rowki i w nich umieszczano kamienie. Pierwsza kolumna oznaczała jedność, druga dziesiątki, trzecia setki, czwarta tysiące itd. Obliczeń dokonywano przez wkładanie i przekładanie kamyków. W późniejszym okresie były to koraliki na drewnianych pałeczkach (rysunek 1).



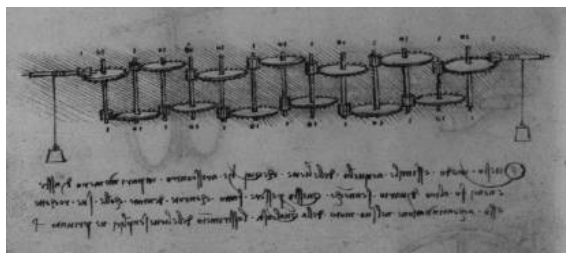
Rys. 1. Abakus z brązu i z koralików

Źródło: [Diaków, 2008].

W Europie, system dziesiętny rozpowszechnił się od X do XII w. Również w tym okresie coraz częściej stosowano **liczydła**, których konstrukcję oparto na abakusie (abakus słupkowy – za jego twórcę uważany jest Gerbert z Aurillac – papież Sylwester II). Przy jego pomocy możliwe było (i nadal jest) wykonywanie takich działań, jak dodawanie i odejmowanie [Selin, ed., 1997].

Jedną z pierwszych osób, które próbowały skonstruować maszynę liczącą, był włoski malarz, architekt, filozof, muzyk, pisarz, odkrywca, matematyk, mechanik, anatom, wynalazca i geolog – Leonardo da Vinci (1452-1519). Niestety jego wynalazek nie przetrwał lub nie został odnaleziony do dzisiaj. W 1968 r. w Stanach Zjednoczonych rekonstrukcji dokonał doktor Roberto Guatellie (ekspert w dziedzinie twórczości da Vinci) na podstawie nieznanych dotąd prac, odnalezionych w Madrycie w Bibliotece Narodowej Hiszpanii. Projekt nosił nazwę „Codex Madrid” (rysunek 2). Guatellie wyżej wymienioną replikę zaprezentował na wystawie zorganizowanej przez firmę IBM. Jej dzisiejsze losy są nieznane [Diaków, 2008; Maths for Europe].

* Ścisłe określony ciąg czynności, których wykonanie prowadzi do rozwiązania jakiegoś zadania.

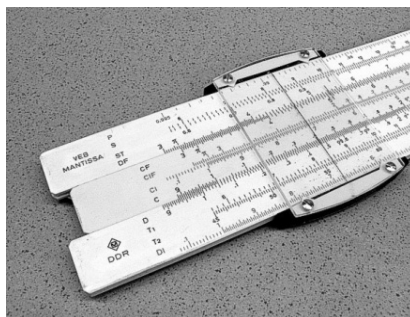


Rys. 2. Projekt maszyny liczącej Leonarda da Vinci

Źródło: Ibid.

W 1614 r. szkocki matematyk John Napier (Neper) w swoich pracach „*Logarithmorum canonis descriptio*” i „*Mirifici Logarithmorum Canonis Constructio*” opisał logarytmy. Pozwalały one zamienić mnożenie na dodawanie, co znacznie przyspieszało obliczenia. Zaczęto układać pierwsze tablice logarytmiczne [Bąk, 2004; Encyklopedia Brytannica].

Korzystanie z tablic było zadaniem czaso- i pracochłonnym. W 1620 r. angielski matematyk i wynalazca Edmund Gunter odkrył **skalę logarytmiczną**, na której kreski podziałki były położone w odstępach proporcjonalnych do logarytmów kolejnych liczb. Tę skalę wykorzystał inny angielski matematyk William Oughtred i stworzył suwak logarytmiczny (rysunek 3) – kolejne urządzenie ułatwiające obliczenia [Pluciński, 2011].

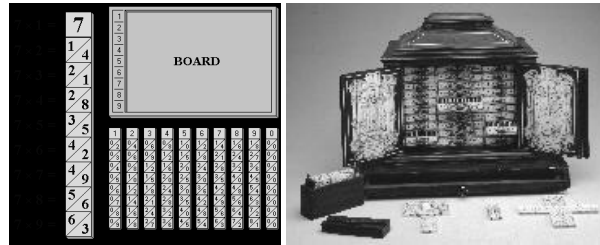


Rys. 3. Suwak logarytmiczny

Źródło: [Pluciński, 2011].

John Napier skonstruował także kostki (nazywane **kostkami** lub **paleczkami Napiera**). Była to tabliczka mnożenia realizowana przy pomocy specjalnych pałeczek (prętów o kwadratowym przekroju). Na każdej płaszczyźnie pręta znajdował się zapisany iloczyn danej mnożnej po przemnożeniu przez cyfry od 1 do 9. Chcąc

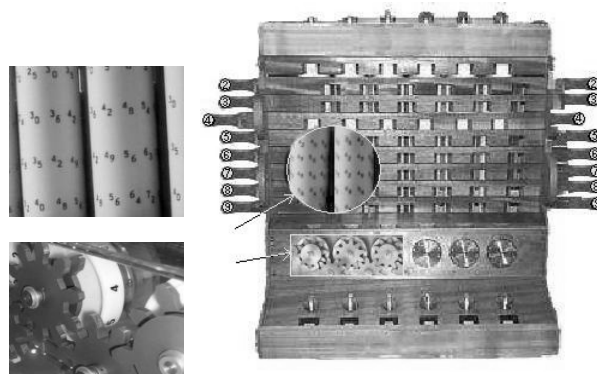
wykonać obliczenie sumy pewnych iloczynów, należało ze zbioru pałeczek wybrać potrzebne mnożne, ułożyć je obok siebie, odczytać iloczyny cząstkowe i je dodać (rysunek 4) [Bradley, 2006]. Kostki te również przyspieszały obliczenia.



Rys. 4. Kostki Napiera

Źródło: [Wikipedia, 2011; Museo Arqueológico Nacional Madrid, 2011].

Kolejnym, który podjął próbę zmechanizowania procesu obliczeń, był niemiecki astronom i matematyk Wilhelm Schickhard z Tybingi (1592-1635), który w roku 1623 r. skonstruował z drewna **zegar liczący**, działający na bazie pałeczek Napiera i wykonujący cztery podstawowe działania matematyczne. Urządzenie zostało nazwane zegarem, ponieważ wykorzystywało mechanizmy typowe dla zegarów, czyli tryby i koła, których ruch był wzajemnie od siebie uzależniony. Pełny obrót koła zawierającego cyfry od 0 do 9 powodował mechaniczne przesunięcie się koła zawierającego jednostki wyższego rzędu. Odejmowanie polegało na ruchu kół w przeciwną stronę (rysunek 5) [Wietrzykowski]. Jego wynalazek dał początek maszynom, które dzisiaj są nazywane cyfrowymi [Sowiński, 1965].



Rys. 5. Replika zegara liczącego W. Schickharda

Źródło: [Wietrzykowski, 2012].

W latach 1641 do 1645 francuski matematyk, fizyk i filozof Blaise Pascal (1623-1662) zbudował **maszynę arytmetyczną** (rysunek 6) wykonującą dwa działania – dodawanie i odejmowanie. Maszyna działała podobnie do zegara Schickharda, z tym że działanie odejmowanie odbywało się poprzez dodawanie. Skonstruował ją dla ojca (pełniącego funkcję radcy podatkowego na dworze króla), w celu ułatwienia obliczania podatków. Powstało około 16 maszyn tego typu [Bradley, 2006].



Rys. 6. Maszyna arytmetyczna Pascala (Pascaline)

Źródło: [Wietrzykowski, 2012].

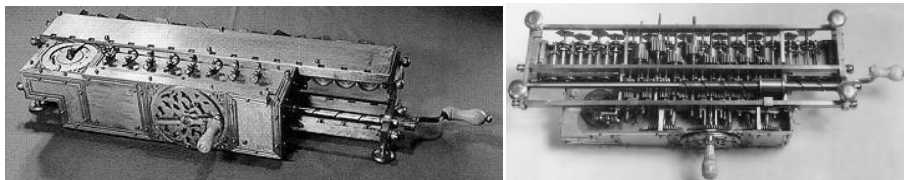
Kilka lat później w roku 1666 r. angielski matematyk, polityk, dyplomata, szpieg i wynalazca Samuel Morland (1625-1695), zbudował kieszonkowy **kalkulator arytmetyczny** (rysunek 7). Urządzenie miało wymiary 120 x 70 x 8 mm. Było wykonane ze srebra i mosiądzu. Na pokrywie urządzenia zamontował 8 par stopniujących tarcz. Skale były wpisane na pierścieniach wokół nich. Dolne trzy tarcze wykorzystywano do obliczeń w gwineach (angielska jednostka monetarna z XVII w.; gwinea = 20 szylingów, szyling = 12 pensów, pens = 4 farthingsy – ćwiartki) i dlatego podzielone zostały na 4, 12 i 20 części. Pięć dużych tarcz u góry miało skale dziesiętne i reprezentowały jednostki, dziesiątki, setki, tysiące oraz dziesiątne. Urządzenie wykonywało operację dodawania i odejmowania. Operacja dodawania była wykonywana poprzez obrócenie odpowiedniego pokrętkła zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara, natomiast odejmowanie poprzez obrót pokrętkła w kierunku przeciwnym [Hook, Norman, Williams, 2002].



Rys. 7. Kalkulator Morlanda

Źródło: [Science Museum Group, 2012].

Kolejnym uczonym, który przyczynił się do rozwoju maszyn liczących był niemiecki filozof, matematyk, prawnik, inżynier-mechanik, fizyk, historyk i dyplomata Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716). Zbudował czterodziałaniowe urządzenie liczące – **arytmometr Leibniza** (rysunek 8). Oryginał tej maszyny jest przechowywany w muzeum Leibniza w Hanowerze. Jest to jedyny zachowany egzemplarz z czterech, które pierwotnie skonstruował Leibniz. Zwrócił on także uwagę na możliwość wykorzystania w obliczeniach maszynowych systemu binarnego. Urządzenie Leibniza składało się z sumatora i automatu, który umożliwiał wprowadzenie cyfr na koła sumatora. Automat przesunął się względem sumatora, co pozwalało ustawić mnożnik dziesiętny przy wprowadzaniu liczby. Cyfry wprowadzano ręcznie najpierw do rejestru automatu, a następnie liczbę przenoszono za pomocą obrotu korbką na koła sumatora [Curley, ed., 2010; Wietrzykowski].



Rys. 8. Arytmometr Leibniza

Źródło: [Wietrzykowski, 2012].

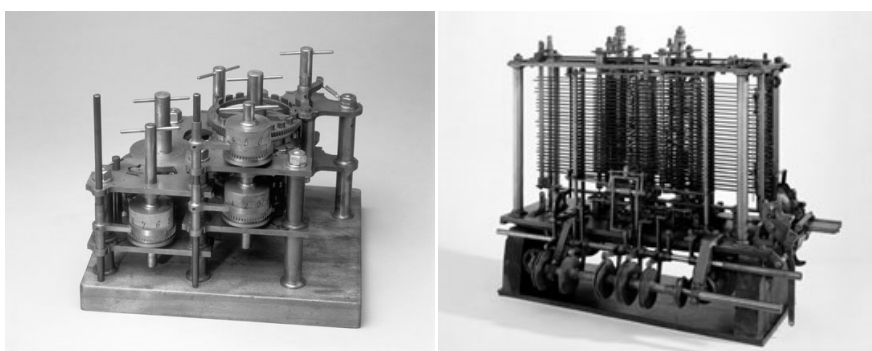
Bardzo znaczącym wydarzeniem dla rozwoju maszyn liczących było zaprezentowanie przez francuskiego tkacza i wynalazcę Josepha-Marie Jacquarda (na wystawie w Paryżu w roku 1801), **kart dziurkowanych** z zakodowanym wzorem, służących do sterowania krosnem tkackim (rysunek 9). Jego wynalazek dał początek automatyzacji procesu przetwarzania danych. Podobne karty zostały później wykorzystane do zapisywania muzyki odtwarzanej przez automatyczne pianina i do przechowywania programów komputerowych [Curley, ed., 2010].



Rys. 9. Maszyna Jacquarda

Źródło: [Diaków, 2011].

Przełomowy wynalazek Jacquarda zaowocował dalszymi pracami nad maszynami liczącymi, mianowicie z jego pomysłu skorzystał w swoich pracach angielski matematyk Charles P. Babbage (1792-1871). W latach 1822-1842 zaprojektował i budował (lecz jej nie ukończył) **maszynę różnicową**. Maszyna ta miała służyć do liczenia za pomocą metody różnic skończonych* (rysunek 10). Została zbudowana w całości dopiero w latach 80. XX wieku (znajduje się w Muzeum Nauki w Londynie), natomiast pierwsze obliczenia przy jej pomocy zostały przeprowadzone w latach 90. Uzyskano wyniki z dokładnością do 31 cyfr. Wadą maszyny była konieczność kręcenia korbą (od kilkuset do kilku tysięcy razy) przy wykonywaniu każdego obliczenia.



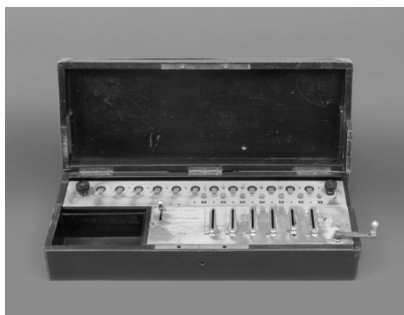
Rys. 10. Maszyna różnicowa i analityczna Ch. Babbage

Źródło: [Muzeum Nauki w Londynie, 2011].

Babbage stworzył także koncepcję **maszyny analitycznej** (rysunek 10), która miała zawierać arytmometr sterowany za pomocą kart perforowanych oraz urządzenie do ich wczytywania, a także posiadać pamięć o pojemności do tysiąca liczb, składających się z pięćdziesięciu cyfr dziesiętnych każda. Maszyna miała być napędzana parą. Pozostawione przez Babbage szczegółowe projekty znacząco wpłynęły na strukturę współczesnych maszyn liczących. Przyjaciółka Babbage'a (córka Georga Byrona), matematyczka, Augusta Ada Lovelace (1815-1852), w roku 1843 opracowała i szczegółowo opisała wskazówki, dotyczące tworzenia wymiennych programów do tego typu maszyn. Jest ona uważana za pierwszą programistkę [Bąk, 2004; Dalakov, 2011].

* Metoda polegająca na przybliżeniu pochodnej funkcji poprzez skończone różnice, w zdyskretyzowanej przestrzeni. Można ją wyprowadzić wprost z ilorazu różnicowego bądź z rozwinięcia w szereg Taylora.

W tym okresie (rok 1820) pracował również francuski wynalazca i matematyk Xavier Thomas de Colmar, który zbudował arytмомetr działający jak współczesny kalkulator. Urządzenie to opierało się na wynalazku Leibniza i wykonywało, na liczbach o długości od 16 do 20 cyfr, cztery podstawowe operacje matematyczne. **Arytmometry Colmara** były używane do czasów I wojny światowej (rysunek 11) [Hook, Norman, 2002].



Rys. 11. Arytmometr Colmara

Źródło: [Collegium Maius, 2011].

Dużą rolę w rozwoju maszyn liczących odegrało wydane w roku 1854 przez angielskiego matematyka i filozofa George Boole'a (1815-1864) dzieło zatytułowane „An Investigation of the Laws of Thought”, w którym zawarł opracowane przez siebie podstawy logiki i logikę symboliczną. Dwuelementowa algebra Boole'a jest wykorzystywana w układach scalonych do dzisiaj (bramki logiczne) [Boole, 2004; Fulmański; Sobieski, 2004].

2. Maszyny liczące XX i XXI w.

Pod koniec XIX w. postawiono na rozwój maszyn mechanograficznych*, w celu usprawnienia wykonywania rachunków statystycznych, księgowych i biurowych. Prace nad tego typu urządzeniami zostały zapoczątkowane w Stanach Zjednoczonych w roku 1887, przez inżyniera i wynalazcę Hermana Holleritha (1860-1929), który opracował **maszynę sortująco-liczącą** (rysunek 12). Została ona wykorzystana w 1890 r. do przeprowadzenia badań statystycznych, związanych ze spisem ludności Stanów Zjednoczonych. W maszynie tej użyto, jako nośnika informacji, kart perforowanych oraz elektrycznego czytnika-sortera jako urządzenia analitycznego [Hook, Norman, 2002].

* Mianem mechanografii nazywane są prace analityczne realizowane przy pomocy kart perforowanych.

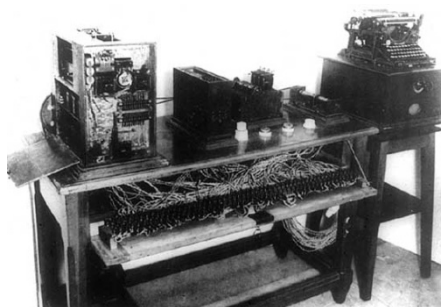


Rys. 12. Maszyna sortująco-licząca H. Holleritha

Źródło: [IBM, 2012].

Hollerith założył także firmę TM (*Tabulating Machine Co.*), która w 1924 r. zmieniła nazwę na IBM (*International Business Machines Corporation*). Firma Holleritha sprzedawała i wypożyczała swoje maszyny, do realizacji spisów w wielu krajach europejskich i Rosji [Fulmański; Sobieski, 2004].

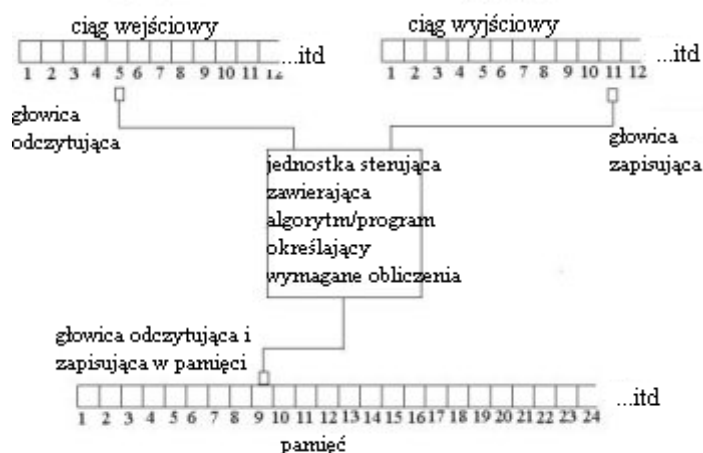
Kilka lat po wynalazku Holleritha (w roku 1920) w Hiszpanii, inżynier, wynalazca i matematyk Leonardo Torres y Quevedo (1852-1936), zbudował automatyczny arytmometr elektromagnetyczny, który składał się z jednostki arytmetycznej i maszyny do pisania. Urządzenie to wykonywało cztery podstawowe działania arytmetyczne, całkowicie automatycznie (rysunek 13) [Hook, Norman, 2002].



Rys. 13. Arytmometr L. Torresa y Quevedo

Źródło: [Dalakov, 2011].

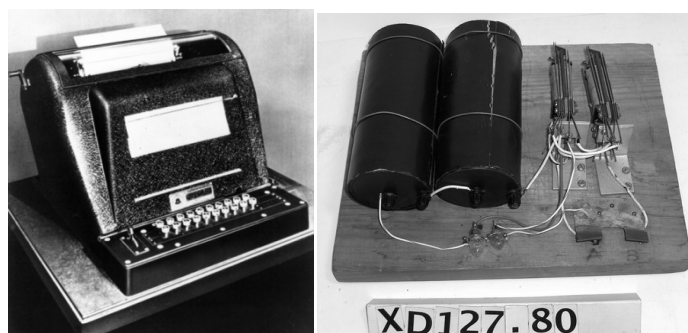
Znaczący wpływ na rozwój maszyn liczących wywarł, opracowany w latach 1936-1939 przez angielskiego matematyka i kryptologa Alana Mathiesona Turinga (1912-1954), teoretyczny model automatu realizującego dowolny algorytm (maszyna Turinga – rysunek 14). Schemat maszyny Turinga zakładał, że urządzenie liczące powinno być urządzeniem przetwarzającym dane, do którego są wprowadzane dane wejściowe, a następnie przetwarzane i wyrzucane jako dane wyjściowe. Idee zawarte w pracach Turinga zostały w późniejszym okresie zastosowane do budowy elektronicznych maszyn cyfrowych [Forouzan, Mosharraf, 2008].



Rys. 14. Schemat maszyny Turinga

Źródło: [Darling, ed., 2012].

Kolejny krok w rozwoju maszyn liczących postawił amerykański matematyk i fizyk George Stibitz (ur. 1904-1995), który w roku 1938 zbudował **prze-kaźnikowy kalkulator binarny**, wykorzystujący **kod BCD** (kod zamieniający liczby zapisane w systemie dziesiętnym na liczby w systemie dwójkowym). Kalkulator został zbudowany dla firmy *Bell Telephone Laboratories*. Maszyna ta posiadała jednostkę arytmetyczno-logiczną działającą na liczbach zespolonych, których rzeczywista i urojona część była zamieniana z liczb dziesiętnych na dwójkowe (rysunek 15) [Reilly, 2003].



Rys. 15. Kalkulator binarny Stibitza

Źródło: [Computer History Museum, 2012].

Duży rozwój maszyn cyfrowych nastąpił w okresie II wojny światowej. W Niemczech powstała **Enigma**, która służyła do kodowania meldunków i rozkazów, rozsyłanych do jednostek rozlokowanych na wszystkich frontach. Jej wynalazcą był niemiecki inżynier Artur Scherbius. Enigma była wyposażona w klawiaturę alfabetyczną, służącą do wprowadzania tekstu meldunku. W środku znajdowały się rotory (wirniki) oraz mechanizm obracający jednym lub kilkoma wirnikami jednocześnie. Kodowanie liter było realizowane za pomocą obwodów elektrycznych i wirników (rysunek 16). Szacuje się, że Niemcy używali ponad 70 tys. takich maszyn [Van Tilborg, Jajodia, 2011].



Rys. 16. Enigma i jej rotory

Źródło: [Science Photo Library, 2012].

W Niemczech powstała również maszyna o nazwie **Z3** (rysunek 17). Zbudował ją w 1941 r. niemiecki inżynier i konstruktor Konrad Zuse, wykorzystując przekaźniki elektromagnetyczne. Maszyna pracowała na liczbach binarnych o zmiennym przecinku, a programy i dane, zamiast na kartach perforowanych, były przechowywane na dziurkowanych taśmach filmowych. Z3 została zniszczona w 1944 r. Zachował się natomiast jej nowszy model o nazwie Z4, który po

wojnie był wykorzystywany przez bank w Zurychu, a dzisiaj można go obejrzeć w muzeum techniki w Monachium [Rojas, 2002]. Zuse stworzył także na przełomie 1944 i 1945 r. pierwszy algorytmiczny język programowania o nazwie PLANKALKUL [Encyclopedia Britannica, 2012].

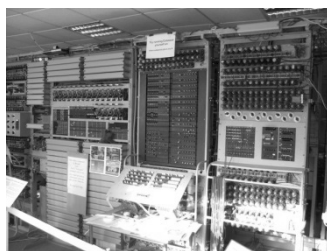


Rys. 17. Maszyna Z3

Źródło: [Deutsches Museum, 2012].

W tym okresie, w Wielkiej Brytanii, powstał zespół specjalistów który pracował nad maszyną deszyfrującą kody Enigmy. Jednym z członków tej grupy był wspomniany już wcześniej Alan Turing.

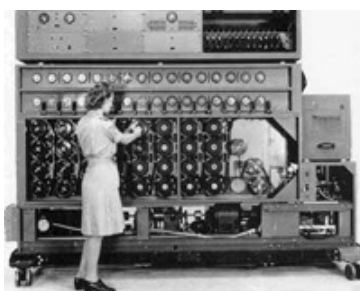
Zbudowana przez Brytyjczyków maszyna deszyfrująca była maszyną mechaniczną. Prace nad nią doprowadziły do konstrukcji kalkulatorów elektronicznych o nazwie **Coloss** (rysunek 18). Powstało kilka wersji tych urządzeń. Ich głównym konstruktorem był angielski inżynier Thomas Harold Fowers, pracujący dla *British Post Office Research Laboratories*. Colosy były maszynami elektronicznymi, które wykorzystywały arytmetykę binarną. Były w nich także sprawdzane warunki logiczne (za pomocą algebry Boole'a). Kalkulatory te posiadały rejestry, dzięki którym mogły wykonywać programy, poprzez uruchomienie tablic rozdzielczych. Wyniki były przesyłane na elektryczną maszynę do pisania [Reilly, 2003].



Rys. 18. Rekonstrukcja Colossa z Bletchley Park

Źródło: [Projekt „Geograph”, 2012].

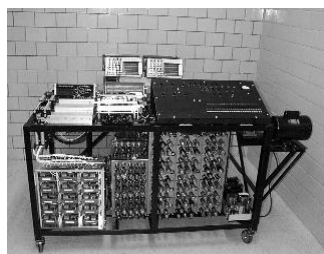
Należy tutaj dodać, że Brytyjczycy korzystali z materiałów, otrzymanych w 1939 r. od polskiego zespołu kryptologów, kierowanego przez matematyka i kryptologa Mariana Rejewskiego. Wśród dostarczonych materiałów była maszyna deszyfrująca o nazwie **Bomba** (rysunek 19), nad którą Polacy pracowali od 1935 r. Pierwszy brytyjski egzemplarz Bomby powstał w czerwcu 1943 r., natomiast amerykańskie wersje – w sierpniu tego samego roku [Reilly, 2003].



Rys. 19. Maszyna o nazwie „Bomba”

Źródło: [Science Photo Library, 2012].

Również w czasie II wojny, dokładnie w roku 1942 w Stanach Zjednoczonych, inżynier informatyk John Vincent Atanasoff wraz z elektrotechnikiem i wynalazcą Cliffordem Berrym zbudowali kalkulator elektroniczny nazwany **ABC** (*Atanasoff-Berry Computer*). Był on wielkości dużego biurka i posiadał centralną jednostkę przetwarzającą oraz mógł rozwiązywać układy zawierające do 29 równań liniowych (rysunek 20) [Reilly, 2003].

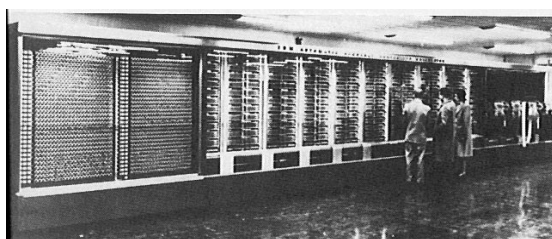


Rys. 20. Komputer ABC

Źródło: [Ames Laboratory, 2012].

W latach 1943-1944 amerykański inżynier Howard Aiken (1900-1973) wraz z firmą IBM skonstruował maszynę cyfrową z automatycznym sterowaniem (ASCC – *Automatic Sequence Controlled Calculator*) o nazwie **MARK I**. Jest to maszyna po raz pierwszy nazwana komputerem. Podobnie jak maszyna

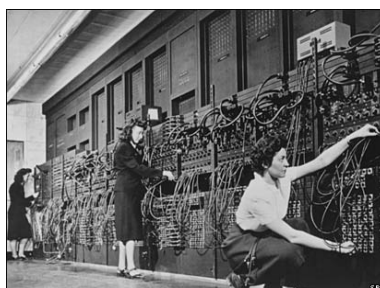
Z3, MARK I pracował na elektronicznych przekaźnikach i posiadał pamięć o pojemności 72 liczb 23-cyfrowych. Jego struktura była oparta na koncepcji maszyny analitycznej Babbage'a. Składał się z 755 000 elementów i ważył ok. 5 ton. Prędkość przetwarzania danych MARK-a I była uzależniona od wykonywanego działania. Trzy operacje dodawania były realizowane w ciągu 1 sekundy, natomiast jedno mnożenie zajmowało 6, a dzielenie – 15 sekund (rysunek 21). Jego programistką była matematyczka Grace Hopper, która pracowała nad językami programowania (m.in. nad COBOL-em – *The Common Business-Oriented Language*) [Hook, Norman, Williams, 2002].



Rys. 21. Komputer MARK I

Źródło: [Columbia University, 2012].

Również w tym okresie (1943 do 1946) w Stanach Zjednoczonych, powstał komputer o nazwie **ENIAC** (*Elektronic Numerical Integrator And Computer*). Jej twórcami byli fizyk i inżynier John William Mauchly oraz inżynier John Prespera Eckert. ENIACa zbudowano z 18 tysięcy lamp elektronowych i ważył on 30 ton oraz zajmował 72 m² powierzchni. Pamięć tej maszyny mieściła 20 liczb 10-cyfrowych. ENIAC wykonywał 5 tysięcy operacji dodawania lub od 300 do 500 operacji mnożenia na 1 sekundę (rysunek 22).



Rys. 22. ENIAC

Źródło: [BBC News, 2012].

Następcami ENIAC-a były maszyny: **EDVAC**, EDSAC, UNIVAC. Duże znaczenie w pracach nad EDVAC-iem (w 1948 r.), miały osiągnięcia węgierskiego matematyka, chemika, fizyka i informatyka Johanna von Neumanna (1903-1957), który w swojej pracy pt.: „Pierwszy szkic raportu na temat komputera EDVAC” zaprezentował teoretyczne podstawy budowy i funkcjonowania komputerów pracujących na liczbach binarnych reprezentujących dane i rozkazy. Taka struktura jest stosowana także we współczesnych maszynach. To on stworzył podział komputera na trzy części: pamięć operacyjną, procesor i urządzenia peryferyjne [Hook, Norman, Williams, 2002].

Wynalezienie w 1971 r. przez amerykańską firmę Intel **mikroprocesora** (oznaczonego jako 4004 i długości słowa maszynowego 4 bity) pozwoliło na stworzenie mikrokomputerów. Pierwsze urządzenia tego typu znacznie różniły się wyglądem i możliwościami od dzisiejszych, ale dały początek maszynom dostępnym w domu [Hook, Norman, Williams, 2002].

Twórcami pierwszego mikrokomputera osobistego byli, amerykański inżynier i programista Stephen Gary Woźniak oraz przedsiębiorca, projektant i wynalazca Stephen Paul Jobs. W 1976 r. zbudowali pierwszy komputer z serii **APPLE** o nazwie **APPLE I** (rysunek 23) [Curley, ed., 2010].



Rys. 23. Apple I

Źródło: [The Telegraph, 2012].

W późniejszych latach powstawały kolejne mikrokomputery. Przykładem uważanym za przełomowe odkrycie w historii maszyn liczących jest skonstruowany w 1981 r. przez elektrotechnika Dona Estridge’a z firmy IBM, komputer klasy JIBM PC z 16-bitowym procesorem Intel 8080 i systemem operacyjnym DOS [Hook, Norman, Williams, 2002].

Podsumowanie

Można zauważyć, że naczelnym motywem działania wymienionych powyżej matematyków, wynalazców i inżynierów, na przełomie wieków, była chęć ułatwienia wykonywania coraz bardziej skomplikowanych obliczeń. Były to ułatwienia teoretyczne i praktyczne, co prowadziło do zwiększenia kręgu użytkowników. Stopniowe włączanie do tego procesu osiągnięć innych dziedzin (fizyki, chemii, mechaniki, elektroniki i innych) przyczyniło się do konstrukcji kolejnych egzemplarzy narzędzia obliczeniowego, który dzisiaj nosi miano komputera. Z powyższych rozważań wynika, że bez matematyki nie byłoby informatyki, a bez osiągnięć informatycznych we współczesnym świecie trudno byłoby funkcjonować matematykom wykorzystującym osiągnięcia teoretyczne swojej dziedziny do zastosowań praktycznych. Można powiedzieć, że korzyść jest obopólna.

Literatura

- Ames Laboratory, Iowa, <http://www.scl.ameslab.gov> (12.04.2012).
- Bąk A. (red.) (2004): Wprowadzenie do informatyki dla ekonomistów. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław.
- Boole G. (1854): An Investigation of the Laws of Thought. Macmillan, London.
- Bradley M.J. (2006): The Age of Genius: 1300 to 1800. Chelsea House, New York.
- Brookshear G.J. (2003): Informatyka w ogólnym zarysie. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Columbia University, New York, <http://www.columbia.edu> (02.05.2012).
- Computer History Museum, Mountain View, Kanada, <http://www.computerhistory.org> (10.05.2012).
- Curley R. (ed.) (2010): The 100 Most Influential Inventors of All Time. Britannica Educational Publishing, New York.
- Dalakov G.: History of Computers. <http://history-computer.com> (14.12.2011).
- Darling D. (ed.): The Encyklopedia of Science. <http://www.daviddarling.info> (05.05.2012).
- Deutsches Museum, München, <http://www.deutsches-museum.de> (20.03.2012).
- Diaków P.: Technologia informacyjna – notatki w Internecie. AGH, 2008, <http://brasil.cel.agh.edu.pl/~08pdiakow/?a=node/19> (29.11.2011).
- Empacher B., Sep Z., Żakowska A., Żakowski W. (1970): Mały słownik matematyczny. Wiedza powszechna, Warszawa.
- Encyclopedia Britannica, <http://www.britannica.com> (25.11.2011; 20.01.2012).

- Forouzan B.A., Mosharraf F. (2008): *Foundations of Computer Science*. Thomson Learning, London.
- Fulmański P., Sobieski Ś. (2004): *Wstęp do informatyki*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Graves M. (2009): *Computer Technology Encyclopedia: Quick Reference for Students and Professional*. Delmar, New York.
- Hook D.H., Norman J.M. (2002): *Origins of Cyberspace: A Library on the History of Computing, Networking and Telecommunication*. <http://historyofscience.com>, California.
- Hook D.H., Norman J.M., Williams M.R. (2002): *Origins of Cyberspace: A Library on the History of Computing, Networking and Telecommunication*, California, <http://historyofscience.com> (21.02.2012).
- <http://brasil.cel.agh.edu.pl> (29.11.2011).
- Kordos M. (2010): *Wykłady z historii matematyki*. Script, Warszawa.
- Museo Arqueológico Nacional Madrid, <http://ceres.mcu.es> (27.11.2011).
- Ore O. (1998): *Number Theory and Its History*. Dover Publications, New York.
- Pluciński T.: *Logarytmy, suwak logarytmiczny i inne maszyny do liczenia*. Uniwersytet Gdański, <http://www.chem.ug.edu.pl> (29.11.2011).
- Maths for Europe, <http://mathsforeurope.digibel.be/addi0000.htm>.
- Reilly E.D. (2003): *Milestones in Computer Science and Information Technology*. Greenwood Press, Westport.
- Rojas R.: *The Architecture of Konrad Zuse's Early Computing Machines*. W: *The First Computers: History and Architectures*. Ed. by R. Rojas, U. Hashagen. MIT Press, Massachusetts, 2002.
- Selin H. (ed.) (1997): *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Science Museum Group, UK, Collections online, <http://collectionsonline.nmsi.ac.uk/> (01.01.2012).
- Science Photo Library, London, <http://www.sciencephoto.com> (21.02.2012).
- Sowiński A. (1965): *Elektroniczne maszyny liczące*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Stein S.K. (1998): *Potęga liczb. Matematyka w życiu codziennym*. Amber, Warszawa.
- BBC News, <http://news.bbc.co.uk/> (20.05.2012).
- Collegium Maius, <http://www.maius.uj.edu.pl> (04.12.2011).
- IBM, <http://www.ibm.com> (03.03.2012).
- Science Museum, London, <http://www.sciencemuseum.org.uk> (20.11.2011).

-
- Projekt „Geograph”, <http://www.geograph.org.uk> (10.04.2012).
- The Telegraph, UK, <http://www.telegraph.co.uk> (2.05.2012).
- Tilborg H.C.A. van, Jajodia S. (2011): Encyclopedia of Cryptography and Security. Springer Science+Business Media, New York.
- Troskoleński J. (1960): Matematyka w zarysie. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Wietrzykowski W.: Konstrukcja pierwszego kalkulatora mechanicznego, <http://www.net3plus.lanet.wroc.net> (21.02.2012).
- Wikipedia: Kostki Napiersa. <http://www.wikipedia.pl> (29.11.2011).

FROM THE ABACUS TO THE COMPUTER

Summary

The aim of the study was systematizing the data on the origins digital machines and their connection with the achievements in the field of mathematics. Emphasis was placed on the operation of any breakthrough invention and its appearance.

Inspiration for this topic was discussions carried out by the author's with the students of the University of Economics in Katowice.