

EWOLUCJA URZĄDZEŃ I PRZYRZĄDÓW DO OBLICZEŃ NA DRODZE DO KOMPUTERÓW W EDUKACJI

MACIEJ M. SYSŁO

W historię komputerów i informatyki wpisana jest ewolucja urządzeń do obliczeń oraz rosnący zakres ich oddziaływania w społeczeństwie, a w szczególności – w edukacji. W artykule zostaną opisane idee i pomysły stojące za budowanymi na ich podstawie urządzeniami i przyrządami do prowadzenia obliczeń, najpierw mechanicznymi, a później elektronicznymi. Zostaną też skomentowane oczekiwania związane z pojawieniem się komputerów i przewidywana ocena ich przyszłych możliwości odniesiona do edukacji w kontekście koncepcji Seymoura Paperta, aktualnej do dzisiaj.

Budowa urządzeń i przyrządów mechanicznych bazowała na przyjętych w nich sposobach wykonywania podstawowych działań arytmetycznych – można rzec algorytmach – i obranych, technicznych sposobach ich przeprowadzania. Podstawowym działaniem tych urządzeń było dodawanie, stąd najpopularniejsza ich nazwa to **sumatory**. Pozostałe działania można bowiem sprowadzić do dodawania: odejmowanie $x - y$ można wykonać jako dodawanie do x uzupełnienia liczby y do największej liczby, mnożenie – to wielokrotne dodawanie, a dzielenie – to wielokrotne odejmowanie. Różnorodność technicznych sposobów realizacji tych działań doprowadziła do wielu przemysłowych konstrukcji, w których najpopularniejszymi mechanizmami były: mechanizm licznikowy Pascala, bęben schodkowy Leibniza i koło z zębami Odhnera. Całkowicie

odmienny „mechanizm”, analogowy, a nie cyfrowy, zastosowano w suwakach logarytmicznych, których wyprodukowano najwięcej. Z chwilą pojawienia się kalkulatorów elektronicznych na początku lat 70. wszystkie te urządzenia zostały natychmiast odstawione do lamusa. Pozostają jednak nadal – poza zbiorami kolekcjonerów – jako ciekawymi przykładami praktycznej matematyki i przyrządami o walorach edukacyjnych. Mogą one posłużyć do ilustracji różnorodnych sposobów wykonywania podstawowych i bardziej złożonych obliczeń¹.

Warto zauważyć, że jeszcze przed pojawieniem się pierwszych kalkulatorów elektronicznych na przełomie lat 1960-1970, każdy, kto chciał posiadać osobiste urządzenie do obliczeń (wtedy mechaniczne), mógł je nabyć za całkiem przystępną cenę. Mógł to być suwak logarytmiczny (rys. 7), prosty sumator kieszonkowy (rys. 6) lub któryś z kręcioków (rys. 5)².

Rozwój wielu urządzeń mechanicznych szedł w parze z rozwojem konstrukcji, które przyczyniły się do powstania komputerów i urządzeń osobistych.

¹ M.M. Sysło, *Historia rachowania – ludzie, idee, maszyny. Historia mechanicznych kalkulatorów* [w:] M.M. Sysło [red.] *Homo Informaticus, czyli człowiek z zainformatyzowanym światem*, Warszawa 2012, s. 267-308.

² Urządzenia na ilustracjach pochodzą z kolekcji autora. Autorskie oprowadzenie po wystawie wybranych maszyn jest zamieszczone na <http://mmsyslo.pl/2020/04/17/machinae-calculatoriae-zostanwdomu/> w dziale Historia informatyki.

EWOLUCJA URZĄDZEŃ I PRZYRZĄDÓW DO OBLICZEŃ NA DRODZE DO KOMPUTERÓW W EDUKACJI

1. RZUT OKA NA KALKULATORY PRZED ERĄ ELEKTRONICZNĄ

Ludzie od dawna rachowali, czyli obliczali różne rzeczy, takie jak zdobycze i tupy czy zwierzęta, które hodowali i wymieniali na inne towary. Najpierw korzystano w tym celu z palców u rąk i ich części, a dla zwiększenia zakresu liczb – również z palców u nóg, jak i innych części kończyn i ciała³. Z czasem pojawiła się naturalna konieczność trwałego notowania wyników obliczeń. Najstarsze znane obrazkowe zapisy wyników rachowania pochodzą z ery kamienia łupanego (30-40 tys. lat temu). Polegały one na wykonywaniu nacięć na kościach, kawałkach drewna lub wyżłobień na kamieniach⁴. Doskonalwsze były sznureczki z węzłkami zwane *quipu*, stosowane w cywilizacji Inków w pierwszej połowie drugiego tysiąclecia naszej ery, w których można odnaleźć ideę systemu pozycyjnego.

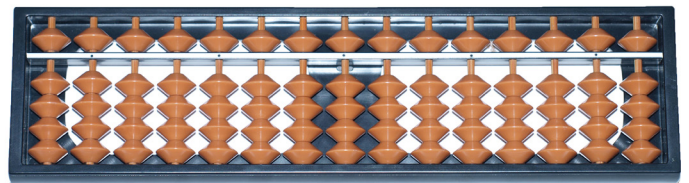
Narodziny liczb trwały bardzo długo, nawet przez 30 tys. lat. Około 5-4 tys. lat p.n.e. w cywilizacjach Bliskiego i Dalekiego Wschodu oraz w cywilizacji śródziemnomorskiej pojawiły się systemy liczbowe, w których posługiwano się znakami odpowiadającymi różnym wielkościom. Z czasem w tych systemach zaczęto stosować bazę – w dzisiejszym sensie – służącą do grupowania jednostek i coraz większych grup w taki sposób, by móc oznaczać coraz większe ilości. Stosowano bazy 5, 10 i 20, zapewne w związku z liczbą palców u jednej ręki, u obu rąk, jak i wszystkich palców, z naturalnych powodów pojawiły się też bazy 12 i 60, a ślady tej ostatniej pozostały do dzisiaj w naszych rachunkach związanych z czasem i kątami.

Za kolebkę używanych obecnie cyfr zwanych arabskimi, w tym zera oraz pozycyjnego systemu zapisywania liczb, uznaje się Indie, gdzie te odkrycia pojawiły się w V-I wieku p.n.e., a osiągnęły swoją dojrzałą postać w V-VI wieku n.e. W okresie świetności nauki w świecie muzułmańskim (wieki VIII-XIII) Arabowie poznali indyjską sztukę rachowania

(*de numero Indorum*) i sami rozwinęli wiele pomysłów matematycznych. Jednym z czołowych matematyków arabskich był **Muhammad ibn Musa al-Chorezmi** (ok. 787-ok. 847 n.e.), który przyczynił się do rozpowszechnienia dziesiętnego systemu pozycyjnego i metod rachunkowych pochodzenia indyjskiego. Podał również sposoby rozwiązywania równań liniowych i kwadratowych. Uznawany jest za ojca algebry, a od brzmienia drugiego członu jego nazwiska pochodzi słowo **algorytm**.



Rysunek 1.1. Liczydło suanpan



Rysunek 1.2. Liczydło soroban



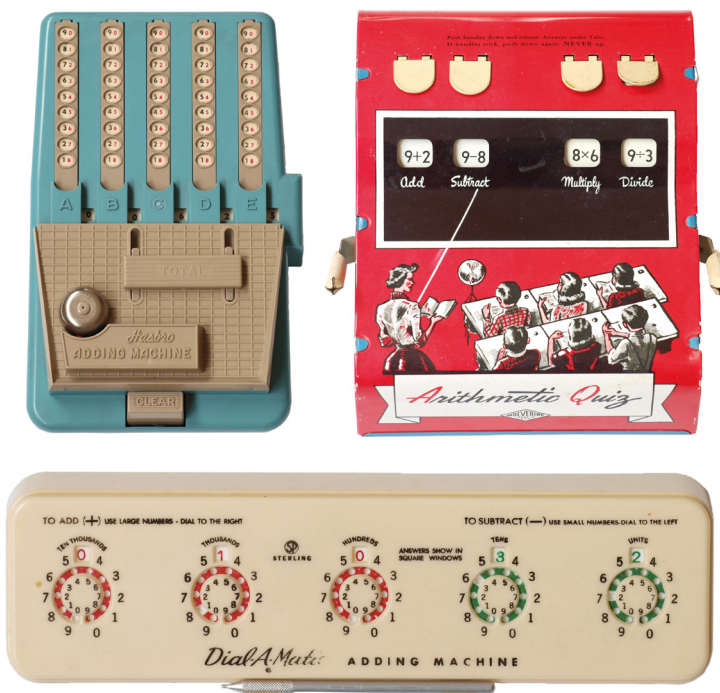
Rysunek 1.3. Liczydło szczoty

³ W Chinach podobno potrafiono wykonywać obliczenia na palcach i częściach obu rąk aż do dziesięciu miliardów!

⁴ Polecam plansze historyczne na stronie <https://mmsyslo.pl/historia-informatyki/>, ilustrujące sposoby rachowania oraz urządzenia do ich wykonywania.

Upowszechnieniu w Europie dziesiętnego systemu zapisu liczb i zera oraz metod rachunkowych pochodzących z Indii i z krajów arabskich przysłużył się wielce **Fibonacci** (Leonardo z Pizy, ok. 1170-ok. 1250 n.e.) swoim dziełem „Liber Abaci”.

Znaczącą rolę w rozwoju narzędzi służących do obliczeń odegrały **kamyki**. Kamyk to po łacinie *calculus* – co brzmi w wielu językach jak rdzeń wielu słów związanych z obliczeniami, np. kalkulować. Kamyki układano w stosy, a później na planszach. Tworzyły one w ten sposób pierwsze **abaki**, które z czasem przekształciły się w liczydła: suanpan w Chinach, soroban w Japonii i szczoty – w Rosji, skąd dotarły również do Polski. Do końca XX wieku **liczydła** były używane przez księgowych, głównie tych z tradycjami, i nadal służą pomocą dzieciom w przedszkolach i w nauczaniu wczesnoszkolnym do nauki prostych obliczeń. Abakusy i liczydła mają poważne wady, nie ma w nich bowiem miejsca ani na zapisywanie pośrednich i końcowych wyników obliczeń, ani na zapisywanie kolejno wykonywanych działań.



Rysunek 2. Szkolne przybory do liczenia

Urządzenia mechaniczne do liczenia

Wiek XVII był świadkiem odkryć dokonanych przez sławnych dzisiaj matematyków, na bazie których aż do ery urządzeń elektronicznych wytwarzano przyrządy i maszyny służące do prowadzenia często bardzo złożonych obliczeń. Pierwszą w historii maszynę liczącą zbudował **Wilhelm Schickard** (1592-1635). W roku 1623 ukończył on budowę maszyny zwanej **zegarem liczącym**, w której wykorzystał **pateczki Napiera** w postaci walców, aby zautomatyzować mnożenie.



Rysunek 3.1. Pateczki Johna Napiera (wyrób współczesny)



Rysunek 3.2. Maszyna Wilhelma Schickarda (replika)

Maszyna była przeznaczona dla astronoma Johannes Kepler (1571-1630), by pomóc mu w jego astronomicznych (dosłownie i w przenośni) rachunkach. Niestety, zbudowana z drewna, spłonęła w niewyjaśnionych okolicznościach. Można mieć wątpliwości, czy ta maszyna byłaby rzeczywiście przydatna Keplerowi – służyła mianowicie do obliczeń na liczbach co najwyżej sześciocyfrowych

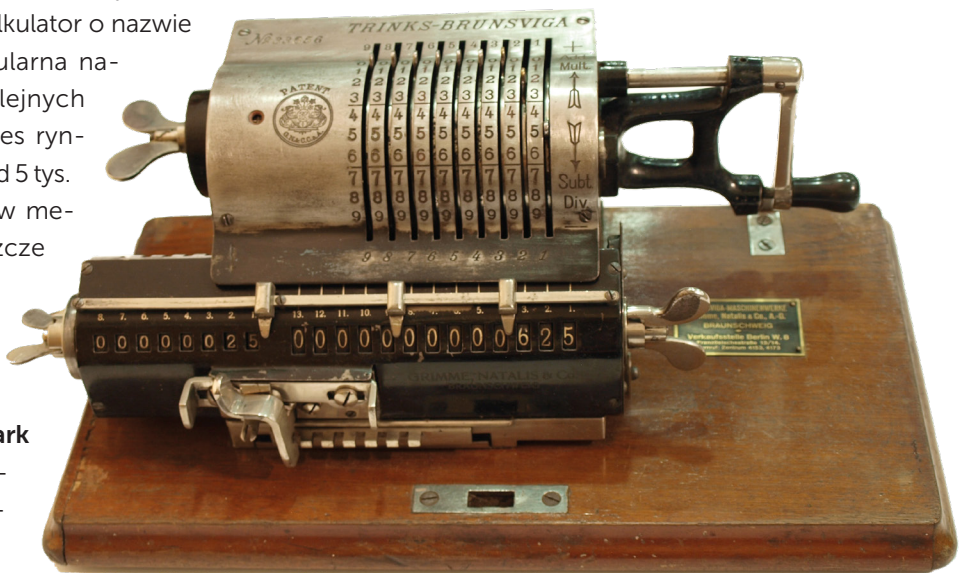
EWOLUCJA URZĄDZEŃ I PRZYRZĄDÓW DO OBLICZEŃ NA DRODZE DO KOMPUTERÓW W EDUKACJI

i automatyzowała jedynie przenoszenie przy dodawaniu. W 1645 roku swój kalkulator, a dokładniej – sumator zwany **Pascaliną**, ukończył **Blaise Pascal** (1623-1662), chcąc pomóc swojemu ojcu, poborcy podatkowemu. Wyprodukowano około 50 egzemplarzy tej maszyny, przeznaczonej do obliczeń w różnych systemach monetarnych oraz dla geodetów. W Pascalinie został wykorzystany **mechanizm licznikowy**, w którym można zwiększać każdą pozycję, obracając odpowiednie koło. Koła zawierają zęby i są sprzężone ze sobą tak, by było możliwe przenoszenie cyfr. Inny wielki matematyk **Gottfried Wilhelm Leibniz** (1646-1716)⁵, współtwórca rachunku różniczkowego i całkowego, po ponad 20 latach wysiłków w 1694 roku ukończył budowę **żywej ławy do obliczeń**, w której głównym elementem był tzw. **bęben schodkowy** (ang. *stepped drum*). Konceptyjnie maszyny Pascala i Leibniza mają niewiele wspólnego pod względem zastosowanych mechanizmów. W późniejszych latach mechanizm licznikowy był wykorzystywany w wielu urządzeniach do liczenia, a także do zliczania, np. w mechanicznych licznikach samochodowych. Z kolei bęben schodkowy zastosował m.in. **Charles Xavier Thomas de Colmar** (1785-1870), który w roku 1820 opatentował swój kalkulator o nazwie **Arithmometre** (stąd popularna nazwa **arytmometr**) i w kolejnych latach odniósł duży sukces rynkowy, produkując ich ponad 5 tys. U schyłku ery kalkulatorów mechanicznych powstał jeszcze jeden kalkulator z wykorzystaniem bębna schodkowego, noszący nazwę **Curta**. Skonstruował go w roku 1943 **Curt Herzstark** (1902-1988), będąc więźniem obozu koncentracyjnego w Buchenwaldzie.



Rysunek 4. Kalkulator Curta

Do pojawienia się kalkulatorów elektronicznych w roku 1972 wyprodukowano blisko 150 tys. sztuk tego kalkulatora. Genialnym pomysłem było użycie w nim jednego bębna Leibniza dla wszystkich pozycji w liczbach, zarówno do dodawania, jak i do odejmowania. Kalkulator ten uchodzi za szczytowe osiągnięcie w dziedzinie mechanicznych urządzeń do obliczeń. Wypada jeszcze wspomnieć o chyba najbardziej popularnych maszynkach do liczenia zwanych **kręciołkami** ze względu na sposób wykonywania obliczeń przez kręcenie korbką.



Rysunek 5. Maszyna zwana kręciołkiem

⁵ Poza dążeniem do zbudowania maszyny do obliczeń – zainspirowanym zapewne Pascaliną, którą poznał wcześniej – Leibniz interesował problem filozoficzny zbudowania systemu logicznego, w którym np. dysputy filozofów mogłyby być zautomatyzowane poprzez sprowadzenie ich do wykonania formalnych rachunków logicznych. Uważał matematykę za naukę o automatyzacji pracy ludzkiej. Uznaje się go także za inicjatora systemu binarnego na kontynencie europejskim. Jego idee zaczerpnął od Chińczyków. Używali oni specjalnych symboli na oznaczanie dwóch wykluczających się stanów, jak dzień i noc, dobro i zło itp. System binarny miał stanowić uniwersalny język automatyzowanych dysput.

Ta całkiem nowa konstrukcja pojawiła się pod koniec XIX wieku i cieszyła się dużą popularnością aż do lat 70. XX wieku. Wykorzystano w niej **koło z ruchomymi zębami** (ang. *pin wheel*), którego wynalazcami byli **Frank S. Baldwin** (1838-1925) w USA i Szwed **Willgodt T. Odhner** (1845-1905) w Rosji. W Polsce najpopularniejsze były kręciółki **Felix** – nazwa pochodzi od Feliksa Dzierżyńskiego (1877-1926), z którego inicjatywy około 1929 roku zaczęto je produkować w Rosji. Bazowały one na pomysłach Odhnera.



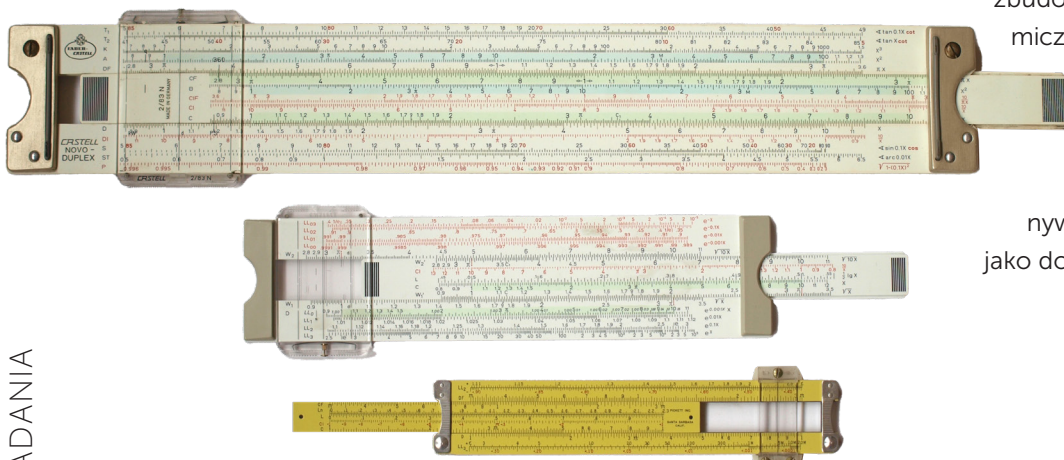
Rysunek 6. Proste kalkulatory kieszonkowe

Logarytm, tablice i suwaki logarytmiczne

Jedną z najwybitniejszych postaci XVII-wiecznej matematyki był **John Napier**. We wspomnianej wcześniej pierwszej maszynie do liczenia Schickard wykorzystał pateczki Napiera (w wersji owalnej), opisane w jego dziele z 1617 roku. Donioślejszym wynalazkiem⁶ był jednak **logarytm**⁷, opisany w innym jego dziele z 1614 roku, zawierającym pierwsze **tablice logarytmiczne**. Podróżnicy i astronomowie szybko docenili ten wynalazek, m.in. pracujący nad tablicami astronomicznymi Johannes Kepler, który podał również ścisłe uzasadnienie poprawności zasad logarytmowania. Znaczenie logarytmów w obliczeniach zgrabnie ujął francuski matematyk Pierre S. de Laplace (1749-1827): *wynalazek logarytmów podwoił długość życia astronomów*.

Po ponad 400 latach od wynalezienia logarytmu możemy dodać, że nie tylko astronomów. Przyczynił się do tego **suwak logarytmiczny**. Najpierw matematyk angielski **Edmund Gunter** (1581-1626) opisał w 1624 roku **linijkę logarytmiczną**, czyli linijkę ze skalą logarytmiczną, a w roku 1632 inny matematyk angielski **William Oughtred** (1574-1660) skonstruował pierwszy **suwak logarytmiczny** w postaci walca.

Dwa lata później połączył dwie linijki Guntera do zbudowania suwaka logarytmicznego w postaci dwóch przesuwających się wzduż siebie linijek logarytmicznych. Umożliwiło to wykonywanie mnożeń i dzielenia jako dodawań i odejmowań.



Rysunek 7. Suwaki logarytmiczne

⁶ Wyraźnie trzeba podkreślić, że wynalazki Napiera, pateczki do mnożenia i logarytm, chociaż oba upraszczają obliczanie iloczynu, niewiele tęczy w sensie matematycznym, oparte są bowiem na innych własnościach działań.

⁷ Blisko 2 tys. lat przed Napierem Euklides był bliski wynalezienia logarytmu, w jego algorytmie dochodzi bowiem do potowienia co drugiej reszty.

EWOLUCJA URZĄDZEŃ I PRZYRZĄDÓW DO OBLICZEŃ NA DRODZE DO KOMPUTERÓW W EDUKACJI

Suwak logarytmiczny jest przykładem **analogowego** narzędzia obliczeniowego, w którym wielkości występujące w obliczeniach i wyniki obliczeń określa się na podstawie długości odpowiednich odcinków. Suwaków logarytmicznych używali najwięksi naukowcy, począwszy od Keplera, przez Newtona, kończąc na Einsteinie. Suwakiem posługiwano się w obliczeniach towarzyszących największym przedsięwzięciom do końca lat 60. Towarzyszył on m.in. pierwszej wyprawie na Księżyc w roku 1969 (wtedy nie było jeszcze kalkulatorów elektronicznych, nie mówiąc o komputerach osobistych). Z suwaków korzystano przy projektowaniu kalkulatorów, które stały za ich zagładą! Wyprodukowano na świecie ponad 40 mln suwaków, w większości w postaci dwóch przesuwanych linijek logarytmicznych. Suwaki mają także bardzo ciekawe realizacje w postaci kół, zegarków i walców, które umożliwiają wydłużanie skali aż do 20 metrów, by prowadzić obliczenia z większą dokładnością.

Logarytmy nie zniknęły wraz z suwakami i dzisiaj w informatyce i matematyce trudno wyobrazić sobie rozumowanie (myślenie) komputacyjne czy matematyczne bez umiejętności sprawnego posługiwania się logarytmami (funkcją logarytmiczną). W latach 50. i 60. XX wieku umiejętności wykonywania obliczeń za pomocą suwaka były niezbędne do ukończenia studiów inżynierskich, chociaż suwakiem logarytmicznym można się posługiwać, nie znając logarytmów, tak nie lubianych przez wielu uczniów i studentów!

2. A NA CO MOŻE STAĆ KOMPUTERY?

Dla wielu osób informatyka nie ma jeszcze swojej historii. Współczesny komputer jest jednak ukoronowaniem wspólnych wysiłków cywilizacji i pokoleń rozwijających w ciągu wieków wiele różnych dziedzin nauki i techniki, które kształtowały również sposoby rachowania i konstrukcje urządzeń wspomagających złożone i masowe obliczenia. Od zarania ludzkości bowiem człowiek starał się ułatwić sobie prowadzenie rachunków i obliczeń, posługując się przy tym różnymi urządzeniami.

Komputer osobisty z początków lat 80. XX wieku można uznać za zwieńczenie wysiłków, zarówno tych, których efektem były przeróżne konstrukcje kalkulatorów mechanicznych, przeznaczonych na ogół do osobistego użytku, jak i tych, które skupiały się na budowie komputera o ogólnym i powszechnym przeznaczeniu.

Idea maszyny do obliczeń ogólnego przeznaczenia, również programowalnej, zrodziła się w pierwszej połowie XIX wieku, na długo przed rzeczywistymi możliwościami jej zbudowania nawet w wersji mechanicznej. Wysiłki Charlesa Babbage'a (1792-1871), najpierw dotyczące zbudowania maszyny różnicowej do produkowania bezbłędnych tablic matematycznych, a później maszyny analitycznej, której koncepcja niewiele odbiegała od funkcjonowania dzisiejszych komputerów, zakończyły się niepowodzeniem. Żadnej z tych maszyn nie zbudował, ale tą drugą zachwyciła się Lady Augusta Ada Lovelace (1815-1852), córka Byrona, i napisała dla tej nieistniejącej maszyny program⁸, za co dzisiaj uznawana jest za pierwszą programistkę. W swoich „Notes” o maszynie analitycznej stwierdziła: *maszyna analityczna nie ma aspiracji, by zapoczątkować cokolwiek. Potrafi wykonać cokolwiek, my wiemy, jak to wykonać* (ang. *The Analytical Engine has no pretensions to originate anything. It can do whatever we know how to order it to perform* [wyróżnienia Ady]). To stwierdzenie, uważane za Zastrzeżenie Lady Lovelace (ang. *Lady Lovelace's Objection*), skomentował Alan M. Turing (1912-1954) w swojej słynnej pracy z 1950 roku „Computing machinery and intelligence”. Pisał w niej: *Wierzę, że za pięćdziesiąt lat stanie się możliwe programowanie maszyn cyfrowych [...] tak, aby grały w grę w naśladownictwo [ta gra to tzw. Test Turinga] tak dobrze, że przeciętny pytający po pięciu minutach zadawania pytań nie będzie miał więcej niż 70 procent szansy dokonania prawidłowej identyfikacji [...] wierzę, że pod koniec*

⁸ Warto tę historię przytaczać dzisiaj uczniom i innym adeptom informatyki, w tym programistom, po to, żeby uświadomić im, że komputer nie jest specjalnie potrzebny do zaprojektowania i napisania programu. Jest on oczywiście konieczny, gdy program trzeba wykonać, wtedy wcześniej trzeba go zakodować w języku zrozumiałym dla konkretnej maszyny.

*tego stulecia [XX wieku] używanie słów i ogólna opinia ludzi wykształconych zmieni się tak bardzo, że będzie można mówić o maszynach myślących, nie spodziewając się sprzeciwu*⁹.

Ten spór przeniesiony dzisiaj na grunt sztucznej inteligencji, a dotyczący spodziewanych możliwości kolejnych generacji coraz szybszych komputerów, a zwłaszcza ich oprogramowania, trwa do dzisiaj. Nadal pozostaje w mocy przepowiednia Ady, którą tak ujął Edward Nęcka¹⁰: *maszyna jest inteligentna inteligencją programisty*.

Tak więc cała moc komputerów jest w rękach ich użytkowników.

Przytoczmy jeszcze wypowiedzi dwóch wielkich umyśłów XX wieku. Kurt Gödel¹¹ uważał, że *ludzki umysł nieskończenie przewyższa moc jakiegokolwiek skończonej maszyny* (ang. *The human mind infinitely surpasses the powers of any finite machine*) – to słowa wypowiedziane w 1951 roku, jeszcze przed powstaniem dziedziny sztucznej inteligencji. Z kolei Roger Penrose (ur. 1931; Nagroda Nobla w dziedzinie fizyki w 2020) twierdził w 1996 roku, że *mamy dostęp do matematycznych prawd, które są poza zasięgiem możliwości jakiegokolwiek robota* (ang. *We have access to mathematical truths that are beyond any robot's capabilities*). Rozwój komputerów i metod komputerowych, jak i wzrost ich mocy w ostatnich dekadach, niewiele nadszarpnął słuszność tych opinii genialnych myślicieli XX i XXI wieku.

Przełomem w realizacji teoretycznej idei Turinga z 1936 roku, dotyczącej budowy uniwersalnej maszyny, był „Draft” (pl. „Szkic”), w którym John von Neumann w 1945 roku przedstawił model komputera, znany dzisiaj pod nazwą **architektura von Neumanna**, według którego buduje się do dzisiaj większość komputerów (jak IBM PC i klony)

i urządzeń o funkcjach komputerów. To komputer z pamięcią o swobodnym dostępie, w której obok danych jest przechowywany również program. Została w ten sposób zatarta różnica między liczbami, które coś znaczą, a liczbami, które coś wykonują (ang. *distinction between numbers that mean things and numbers that do things*)¹².

3. PIERWSZE PRZYMIARKI KOMPUTERÓW DO EDUKACJI

Wzrost możliwości komputerów na przełomie lat 1950-1960 zbiegł się z rosnącą popularnością nauczania programowanego. Na potrzeby edukacji, w tym również matematycznej, rozpoczął swój rozwój system PLATO (ang. *Programmed Logic for Automated Teaching Operations* – Programowana Logika dla Automatycznej Operacji Nauczania), będący komputerowym wspomaganie nauczania (ang. *Computer Assisted Instruction* – **CAI**).

Zagorzałym krytykiem systemów CAI był Seymour Papert (1928-2016), który przesiąknięty ideami konstruktywistycznymi uważał, że uczeń jako użytkownik systemu typu CAI zachowuje się biernie, wykonując głównie polecenia komputera. Odwrócił więc relację i pisał w swoich „Burzach mózgów”¹³: *Można by sądzić, że komputer jest wykorzystywany do programowania dziecka. W mojej wizji to dziecko programuje komputer. I dalej: Komputer może być tworem, który posługuje się językiem matematycznym i alfabetycznym. Uczymy się, jak stworzyć komputery, z którymi dzieci lubiłyby się porozumiewać. Gdy już takie porozumienie zostaje nawiązane, dzieci uczą się matematyki tak, jak żywego języka. Co więcej, porozumiewanie się w języku matematycznym i alfabetycznym ulega zmianie: z rzeczy całkowicie obcych, a więc trudnych dla większości dzieci, na rzeczy naturalne i dzięki temu łatwe. Pomysł komunikowania się z komputerem w „języku matematyki”*

⁹ Cytat na podstawie: E. Feigenbaum, J. Feldman [red.] *Maszyny matematyczne i myślenie*, Warszawa 1972.

¹⁰ E. Nęcka, J. Sowa, *Człowiek – umysł – maszyna. Rozmowy o twórczości i inteligencji*, Kraków 2005.

¹¹ Kurt Gödel (1906-1978), autor słynnego twierdzenia o niezupełności, z którego można wywnioskować, że żadnego komputera nie da się zaprogramować, by zdołał rozstrzygnąć wszystkie problemy matematyczne. Wyznacza to w pewnym sensie również granice informatyki.

¹² W tym cytacie liczby to ciągi zer i jedynek, W pamięci komputera mogą oznaczać dane, ale mogą być również zapisem rozkazów dla procesora; G. Dyson, *Turing's Cathedral*, Pantheon Books, New York 2012, s. ix.

¹³ S. Papert, *Burze mózgów. Dzieci i komputery*, WN PWN, Warszawa 1996, s. 25-26.

EWOLUCJA URZĄDZEŃ I PRZYRZĄDÓW DO OBLICZEŃ NA DRODZE DO KOMPUTERÓW W EDUKACJI

można uogólnić na pomysł uczenia się matematyki w „Matlandii”, czyli w warunkach, które są dla uczenia się matematyki tym, czym mieszkanie we Francji jest dla uczenia się języka francuskiego¹⁴.

Papert widział w programowaniu¹⁵ sposób na porozumiewanie się ucznia z komputerem w języku, który rozumieją obie strony. Stworzył w tym celu Logo¹⁶, pierwszy język programowania dla dzieci, jako pomost między ich światem a komputerami.

Z perspektywy czasu widzimy, że Papert wyprzedził swoją epokę ideami, które mogą być realizowane dopiero w XXI wieku, gdy uczeń może być współtwórcą treści i środowiska kształcenia. Nie uniknął jednak błędu. Mało realistycznie uważał, że już wtedy komputery plus Logo wzbogacą edukację w sytuacji, gdy nie było ani dostatecznej liczby komputerów w szkołach, ani one same nie umożliwiały tworzenia odpowiednich środowisk kształcenia i – najważniejsze – nauczyciele nie byli przygotowani do realizacji jego pomysłów. Dekadę później, w kolejnej swojej książce¹⁷ nie krył rozczarowania, że szkoły z tak wielkim oporem przyjmują jego idee, a próby stosowania komputerów są podobne do prób udoskonalenia transportu w XIX wieku poprzez przymocowanie silników odrzutowych do drewnianych wozów (ang. *trying to improve XIX century transportation by attaching jet engines to wooden wagons*). Zwrócił również uwagę na inny powód braku sukcesów – stosowanie komputerowego wsparcia jako nowej techniki nauczania według starych programów (ang. *using computer aided instruction as a new technique for teaching the same old curriculum*)¹⁸. Papert ponowił również podobny zarzut wobec nauczania metodą problemową, do stosowania której ani nauczyciele,

ani szkolne systemy nauczania i oceniania nie są przygotowane.

System PLATO nie dotarł do Polski. Pojawily się inne systemy typu CAI, ale albo ich zakres obejmował tylko matematykę i informatykę wyższą, albo nie miały większego zasięgu na rynku oświatowym. Wysyp prostych programów do nauki nie tylko matematyki i informatyki, również w Polsce, datuje się dopiero od połowy lat 80., gdy zwiększyła się dostępność do komputerów w prywatnych rękach i w szkołach¹⁹.

Warto wspomnieć, że pierwsze regularne zajęcia uczniów przy dużym komputerze miały miejsce w Polsce już w połowie lat 60. na Uniwersytecie Wrocławskim²⁰.

4. UWAGI KOŃCOWE

W bibliografii zawarte są wybrane pozycje odnoszące się do historii maszyn, rachowania i edukacji, które polecam. Książka Ifraha „Dzieje liczby, czyli historia wielkiego wynalazku”[3] to zwarty opis historii liczb. Zainteresowanych tym tematem odsyłam do obszernego dwutomowego dzieła tego samego autora „Historia powszechna cyfr”[4] – tom II zawiera krótki opis (na 400 stronach!) historii prowadzącej do komputerów: „Epopcja rachunku od kamyków do komputera”. Książeczka „Jak liczono dawniej. Jak liczymy dziś”[5] zawiera bardzo przystępne wyjaśnienie, jak kiedyś rachowano. W książce „Historia obliczeń. Od rachunku na palcach do maszyny analitycznej”[1] opisano urządzenia i sposoby rachowania przed erą komputerów elektronicznych, zaś w pracy „Historia rachowania – ludzie, idee, maszyny. Historia mechanicznych kalkulatorów”[9] przedstawiono algorytmy wykonywania obliczeń na pierwszych mechanicznych urządzeniach do liczenia. Praca „Sztuczna inteligencja wkracza do szkół: jak uczyć

¹⁴ Zafascynowanie Paperta Francją można przypisać jego bliskim kontaktom z tym krajem w latach 1958-1963, gdy w pobliskiej Genewie współpracował z Jeanem Piagetem, ojcem konstruktywizmu.

¹⁵ Programowanie jest tutaj rozumiane jak umiejętność wydawania poleceń komputerowi.

¹⁶ Pomysł wprowadzenia do szkół języka programowania Logo nie podobał się wtedy twórcom systemów CAI, którzy uważali, że w szkole nie ma miejsca ani na programowanie komputerów, ani na informatykę.

¹⁷ S. Papert, *The Children's machine. Rethinking School in the age of the Computer*, Basic Books, New York 1993.

¹⁸ Niestety, ten ostatni zarzut można odnieść do kolejnych podstaw programowych większości przedmiotów, w tym zwłaszcza matematyki, obowiązujących w naszym systemie oświaty od połowy lat 90.

¹⁹ Szczegółowe informacje na ten temat znajdują się w: M.M. Sysło, *Myślenie komputacyjne w praktyce edukacyjnej*, PWN, Warszawa 2023 [w przygotowaniu] i M.M. Sysło, *Edukacja informatyczna w Polsce w historycznym rozwoju*, PTI, Warszawa, [w przygotowaniu].

²⁰ M.M. Sysło, *Edukacja informatyczna w Polsce w historycznym rozwoju*, op. cit.

MACIEJ M. SYSŁO

się o AI i z pomocą AI"[10] jest poświęcona rosnącej roli komputerów na polu realizacji idei sztucznej inteligencji w edukacji i zawiera propozycję modułu poszerzającego kształcenie informatyczne o zagadnienia z tego zakresu.

Plansze „Historia informatyki”[8] były przeznaczone do szkolnych pracowni komputerowych, obecnie nie są produkowane. Książka „Edukacja informatyczna w Polsce w historycznym rozwoju”[12] jest wyczerpującym opisem działań podejmowanych w Polsce na przestrzeni półwiecza. Ich celem był rozwój edukacji informatycznej, w tym wydzielonych zajęć kształcenia informatycznego w ramach odrębnego przedmiotu oraz wspomaganie komputerami i technologią kształcenia w innych obszarach.

Ciekawe spojrzenie na historię obliczeń, informatyki i komputerów prezentują Denning i Tendre[2], wiążąc zachodzące na przestrzeni wieków przeobrażenia z myśleniem komputacyjnym rozumianym znacznie szerzej, jako siłą napędową zmian w tych obszarach. •

BIBLIOGRAFIA

1. Bondecka-Krzykowska I. *Historia obliczeń, Od rachunku na palcach do maszyny analitycznej*, WN UAM, Poznań 2012.
2. Denning P.J., Tendre M. *Computational Thinking*, The MIT Press, 2019.
3. Ifrah G. *Dzieje liczby, czyli historia wielkiego wynalazku*, Ossolineum, Wrocław 1990.
4. Ifrah G. *Historia powszechna cyfr*, Wydawnictwo W.A.B., Warszawa 2006.
5. Krysicki W., Kącki E. *Jak liczono dawniej. Jak liczymy dziś*, Res Polona, Łódź 2001.
6. Papert S. *Burze mózgów. Dzieci i komputery*, PWN, Warszawa 1996 [oryginał: *Mindstorms. Children, Computers, and Powerful Ideas*, Basic Books, New York 1980].
7. Papert S. *The Children's machine. Rethinking School in the age of the Computer*, Basic Books, New York 1993.
8. Sysło M.M. *Historia informatyki*, 2005. Plansze (2 × 12) dostępne na stronie <http://mmsyslo.pl> wraz z komentarzami.
9. Sysło M.M. *Historia rachowania – ludzie, idee, maszyny. Historia mechanicznych kalkulatorów* [w:] Sysło M.M. [red.] *Homo Informaticus, czyli człowiek z z informatyzowanym świecie*, WWSI, Warszawa 2012.
10. Sysło M.M. *Sztuczna inteligencja wkracza do szkół: jak uczyć się o AI i z pomocą AI* [w:] Fazlagić J. [red.] *Sztuczna inteligencja (AI) jako megatrend kształtujący edukację. Jak przygotowywać się na szanse i wyzwania społeczno-gospodarcze związane ze sztuczną inteligencją?*, Instytut Badań Edukacyjnych, Warszawa 2022.
11. Sysło M.M. *Myślenie komputacyjne w praktyce edukacyjnej*, PWN, Warszawa 2023 [w przygotowaniu].
12. Sysło M.M. *Edukacja informatyczna w Polsce w historycznym rozwoju*, PTI, Warszawa [w przygotowaniu].

prof. dr hab. MACIEJ M. SYSŁO

Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki
syslo@ii.uni.wroc.pl