

Przeszłość i przyszłość informatyki

Maciej M. Sysło¹, Instytut Informatyki, Uniwersytet Wrocławski, syslo@ii.uni.wroc.pl

Skąd bierze się różnica
między przeszłością i przyszłością?
Dlaczego pamiętamy przeszłość,
a nie pamiętamy przyszłości?
[Stefan W. Hawking, *Krótką historia czasu*]

Dla wielu osób informatyka, określana w tej pracy mianem **komputyka**² (ang. *computing*), nie ma jeszcze swojej historii. Współczesny komputer elektroniczny 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. Różne wydarzenia w historii komputyki uznaje się za

momenty przełomowe.

W ostatnich 200 latach było ich kilka – wymieńmy ważniejsze z nich:

- Projekt **maszyny analitycznej Charlesa Babbage’a** (1834) z **pierwszym programem** napisanym dla tej maszyny przez **Adę** córkę Byrona (1843), uznawaną za pierwszą programistkę. Chociaż ta maszyna nie powstała w pełni, to uznaje się ją za pierwowzór współczesnych komputerów. Pomysł Babbage’a nie wszyscy jednak wynalazcy po nim zauważyli i docenili, a architekturę współczesnych komputerów przypisuje się najczęściej Johnowi von Neumannowi.
- **Mechanograficzny system tabulacyjny Hermana Holleritha**, dzięki któremu było możliwe zliczanie wyników spisów powszechnych w USA i w innych krajach (m.in. w Rosji) od końca XIX wieku. Zapoczątkowana została w ten spo-



Pałeczki Napiera (wyrób współczesny). Wilhelm Schickard zmodyfikował je i wykorzystał w swoim kalkulatorze.

¹ Urządzenia liczące przedstawione w tej pracy na ilustracjach pochodzą ze zbiorów autora.

² *Komputyka* to przekład terminu *computing*, którym określa się, ... *any goal-oriented activity requiring, benefiting from, or creating computers. Thus, computing includes designing and building hardware and software systems for a wide range of purposes; processing, structuring, and managing various kinds of information; doing scientific studies using computers; making computer systems behave intelligently; creating and using communications and entertainment media; finding and gathering information relevant to any particular purpose, and so on. The list is virtually endless, and the possibilities are vast.* Computing Curricula 2005, ACM, IEEE, 2006. Proponowany przekład tego terminu pojawił się m.in. w publikacjach ks. Józefa Klocha i Andrzeja Walata.

sób automatyzacja przetwarzania dużych ilości danych. Specjalizowała się w tym na początku swojego istnienia firma **IBM**, wyrosła w 1924 na firmach tworzonych przez Holleritha.

- **Praca magisterska Claude E. Shannona** (1938), uznawana za najdonioślejszą pracę magisterską XX wieku, dotyczącą wykorzystania **algebry Boole’a** do analizy i syntezy układów przełączających i binarnych.
- **Komputery Konrada Zuse**, z wykształcenia inżyniera budownictwa, który w czasach kryzysu materiałowego podczas II Wojny Światowej i tuż po niej, stosował w swoich komputerach (Z4) mechaniczny bit! Jego konstrukcje komputerów, a zwłaszcza idee i pomysły (języka programowania – 1946, komputera równoległego – 1958, gridu – 1970) wyprzedziły o wiele lat podobne wynalazki i ich realizacje, zasłużenie więc uważa się go za ojca współczesnych komputerów.
- Fundamentalne dla teorii obliczalności prace **Alana Turinga** (1936), a także jego wkład do badań nad sztuczną inteligencją ery komputerowej (Test Turinga, 1950).
- Pierwsze komputery elektroniczne – komputer **ABC** Johna Atanasoffa (1942), komputery **Colossus**, budowane w Wielkiej Brytanii od 1943 roku na potrzeby kryptologów i rozmontowane na polecenie Winstona Churchilla bezpośrednio po zakończeniu wojny, **ENIAC** – ukończony w 1946 roku i inne, jak EDSAC (1949), ACE (Wielka Brytania, 1950), Harvard MARK III (1950), SEAC (1950), EDVAC (1951), IBM 701 (1953). Pod koniec lat 40. XX, Thomas J. Watson Jr., szef firmy IBM, miał podobno wątpić, by ludzkość potrzebowała kiedykolwiek więcej niż 5 dużych komputerów!
- Fundamentalne dla ery elektronicznej wynalazki: **tranzystor** (John Bardeen, Walter H. Brattain, William B. Shockely – 1948; nagroda Nobla dla wynalazców w 1952 roku) i **układ scalony – chip** (Jack S.C. Kilby, Robert Noyce – 1958; nagroda Nobla dla Kilby’ego w 2000 roku).
- Rozwój **Internetu** – ARPANET (1969), poczta elektroniczna (1972), protokół TCP/IP (1983), serwis WWW (1991).

Wszystkie te wynalazki i dokonania miały wpływ na współczesny stan komputyki. Teoretyczne podstawy budowy komputerów (Boole i Shannon) i teoretyczne podstawy obliczalności (Turing) stworzyły solidną bazę dla rozwoju tej dziedziny. Z kolei odkrycia i innowacje w elektronice (tranzystor, chip) doprowadziły do miniaturyzacji komputerów, co spowodowało jednocześnie znaczne ich przyspieszenie i zwiększenie możliwości. Mikroprocesor jest sercem komputerów osobistych, jak i – zwielokrotniony – superkomputerów.

Przez wieki rozwój urządzeń do rachowania podążał dwoma torami. Z jednej strony starano się zbudować komputer ogólnego przeznaczenia (taki, jak maszyna analityczna Babbage’a)



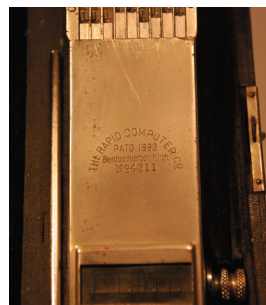
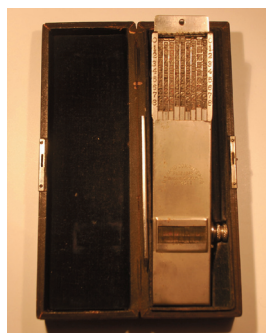
Replika kalkulatora Wilhelma Schickarda, zbudowanego w 1623 roku dla Johanna Keplera. Uznawany jest za pierwszy kalkulator.

oraz budowano urządzenia do rozwiązywania dużych wyzwań obliczeniowych, takich jak opracowanie danych ze spisu powszechnego (system tabulacyjny Holleritha) czy łamanie szyfrów Enigmy (Colossus). Z perspektywy obecnego stanu komputyki i panujących trendów należy to uznać za główny kierunek jej rozwoju.

Jakby w cieniu tego głównego nurtu rozwoju, przez 200 ostatnich lat, a faktycznie od początku XVII wieku, a na dobrą sprawę od zarania ludzkości, narastało zainteresowanie automatyzacją obliczeń i urządzeniami, które byłyby w stanie usprawnić rachowanie. Pojawiały się pomysły i wynalazki, które miały na celu zbudowanie urządzenia obliczeniowego do indywidualnego użytku. Chociaż pierwsze pomysły były elitarne – Wilhelm G. Schickard zbudował maszynę dla Johanna Keplera (1623), Blaise Pascal zaprojektował Pascalinę dla swojego ojca poborcy podatkowego (1642), a Gottfried W. Leibniz zbudował „ławę liczącą”, trochę w rywalizacji z Pascalem, ale głównie z myślą o realizacji maszyny filozoficznej (1694) – to dalszy rozwój urządzeń do indywidualnych obliczeń i ich produkcja doprowadziły do sytuacji, w której każdy potrzebujący takiego urządzenia mógł sobie je sprawić, podobnie jak dzisiaj każdy może mieć komputer osobisty. Od drugiej połowy XIX wieku wiele tego typu urządzeń rozwijało się jako maszyny biurowe, wykorzystywane w biurach i firmach, od najmniejszych po największe korporacje.

I pewnego dnia, gdzieś na początku lat 70. XX wieku, te piękne mechaniczne cacka powędrowały do lamusa. Chociaż od wynalezienia tranzystora i układu scalonego można się było tego spodziewać, wielu użytkowników mechanicznych kalkulatorów żegnało się z nim z żalem, mogły bowiem one działać i spełniać swoje zadanie jeszcze przez wiele lat, a niektóre z nich wręcz w nieskończoność. Zastąpiły je kalkulatory elektroniczne, takie jak **Datamath** – pierwszy elektroniczny kalkulator firmy Texas Instruments, czy kultowy **TI 30**, których ekspansję spotęgowały po latach komputery klasy PC, a same procesory zrewolucjonizowały również pojęcie dużego komputera – dzisiaj jest to układ odpowiednio powiązanych mikroprocesorów.

Dla celów tego wystąpienia, za przełom w rozwoju komputyki



Kalkulator sprężynowy, na którym po raz pierwszy pojawiło się określenie **Computer** (1892).



TI Datamath – jeden z pierwszych kalkulatorów i **TI 30** – pierwsza wersja jednego z najpopularniejszych kalkulatorów.

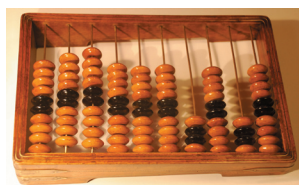
przyjmujemy właśnie ten moment wymiany kalkulatorów mechanicznych³ na elektroniczne. Spójrzmy najpierw nieco bliżej na

mechaniczne urządzenia do liczenia,

na zawarte w nich ciekawe rozwiązania konstrukcyjne, a następnie zastanowimy się, co po nich pozostało dzisiaj, natomiast urządzeniami elektronicznymi nie będziemy się zajmować.

Liczydła

Do dzisiaj są one używane w krajach bliższego i dalekiego Wschodu. Do najpopularniejszych należą: **suan-pan** – liczydło używane w Chinach, **soroban** – liczydło używane w Japonii (umiejętność posługiwania się sorobanem jest nadal obowiązkowa w japońskich szkołach), i **schoty** – liczydło rosyjskie, bardzo dobrze znane i rozpowszechnione w Polsce.



Schoty – liczydło z początku XX wieku.



Soroban jako wyposażenie szkolnego piórnika, obok zestawu przyborów do kaligrafii (początek XX wieku).



Sharp ELSI MATE EL-8048 – rozpacziwa próba pogodzenia technologii z tradycją.

Suwaki logarytmiczne

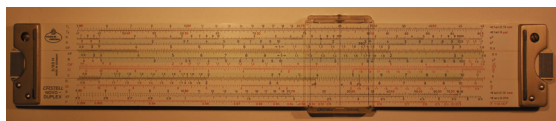
W 1614 roku **John Napier** wynalazł logarytm, by ułatwić mnożenie, dzielenie, pierwiastkowanie i inne działania w obliczeniach, wykonywanych wtedy m.in. przez astronomów i podróżników. W 1620 roku Edmund Gunter sporządził linijkę ze skalą logarytmiczną, a około 1622 roku **William Oughtred** zbudował pierwszy suwak logarytmiczny łącząc ze sobą dwie ruchome linijki logarytmiczne. Suwaków logarytmicznych używali najwięksi naukowcy, począwszy od Keplera, przez Newtona kończąc na Einsteinie. W latach 50. i 60. XX wieku umiejętności wykonywania obliczeń za pomocą suwaka były niezbędne do ukończenia studiów inżynierskich. Faktycznie suwakiem logarytmicznym można się posługi-



Fowler (przełom XIX i XX wieku) – okrągły suwak logarytmiczny.



Otis King (Model A, 1920) – suwak logarytmiczny, którego skala po rozwinięciu ma długość 1.5 m.



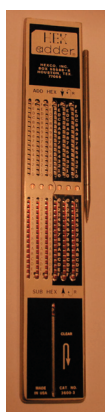
Faber Castell 2/83N – uznawany za najdoskonalszy suwak logarytmiczny. Zawiera 32 skale.

³ Za kalkulatory mechaniczne uznaje się również te, w których silnik elektryczny służy jedynie do uruchamiania części mechanicznych.

wać nie znając logarytmów, tak nie lubianych przez wielu! Pomimo wielu wad – problem z ustaleniem miejsca dla przecinka w wyniku, braku możliwości dodawania i odejmowania oraz niewielkiej dokładności wyniku (do trzech cyfr znaczących), posługiwano się nimi do końca lat 60. XX wieku w obliczeniach towarzyszących największym przedsięwzięciom inżynierskim, aż wreszcie skorzystano z nich przy projektowaniu kalkulatorów, które stały za ich zagładą! Wyprodukowano ponad 40 mln suwaków.

Sumatory

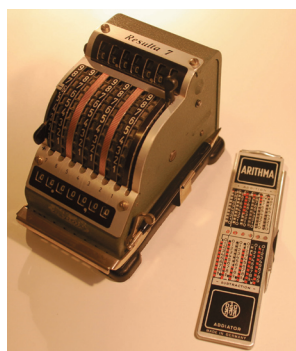
Tym mianem można określić większość urządzeń służących do wykonywania czterech podstawowych działań arytmetycznych, gdyż faktycznie te urządzenia służą jedynie do dodawania, a inne działania, jak odejmowanie, mnożenie i dzielenie są wykonywane za pomocą odpowiednich algorytmów opartych na dodawaniu.



HEX adder – sumator szesnastkowy, stosowany przez programistów komputerów w IBM – przykład wsparcia jednej technologii inną.



Pełnoklawiaturowy sumator Burroughsa (1920) – jedna z popularniejszych maszyn biurowych w okresie międzywojennym.



Sumatory: podręczny – Resulta i kieszonkowy – Arithma.

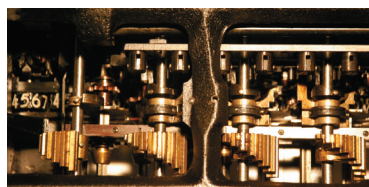
Maszyny wykorzystujące bęben schodkowy Leibniza

Wśród największych zasług Gottfrieda W. Leibniza, znanego głównie jako twórca analizy matematycznej, uznaje się w komputyce system binarny oraz **bęben schodkowy**, który zastosował



Curta II – najdoskonalszy kalkulator mechaniczny, skonstruowany przez **Curta Herzstarka** w czasie, gdy był więźniem w obozie w Buchenwaldzie.

w swojej maszynie, ukończonej w 1694 roku. Przez blisko 300 następnych lat ten wynalazek był jednym z podstawowych rozwiązań konstrukcyjnych w maszynach i kalkulatorach mechanicznych. Został zastosowany m.in. w **kalkulatorze Curta**, uchodzącym za szczytowe osiągnięcie techniki wśród mechanicznych urządzeń do liczenia.



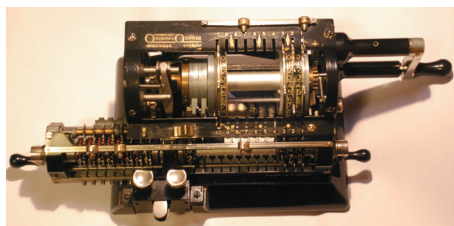
Bębny schodkowe Leibniza w maszynie Rheinmetall.



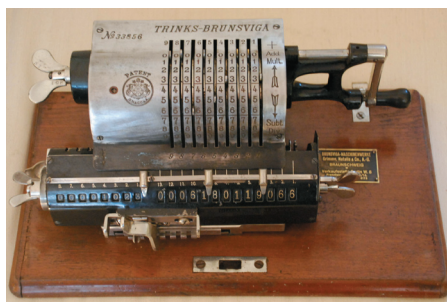
Maszyna TIM – Time Is Money (1909), Wykorzystano w niej bębny schodkowe Leibniza.

Maszyny wykorzystujące koła z ruchomymi zębami Odhnera – „kręciołki”

Popularne „kręciołki”, produkowane także w Polsce, opatentował Willgodt T. Odhner w 1874 roku i w 1886 roku rozpoczął ich produkcję w fabryce w St. Petersburgu. Mechanizmem obliczeniowym był zestaw kół z zębami, które wysuwały się odpowiednio do wielkości cyfr liczby będącej argumentem działania. Najbardziej znane marki tych maszyn to **Brunsviga**, **Original Odhner** oraz **Feliks**. Te ostatnie były produkowane w Związku Radzieckim, a ich nazwa pochodzi od imienia założyciela pierwszej fabryki, Feliksa Dzierżyńskiego!



Odhner Original – demonstracyjny model kół z zębami.



Trinks Brunsviga, oparty na patencie Odhnera (kół z zębami) – jeden z wcześniejszych modeli.

Czy z tego drugiego, wydaje się, że mniej znaczącego nurtu rozwoju urządzeń do liczenia, wypływa jakaś lekcja historii? Co pozostało w komputyce po urządzeniach, które poszły w niepamięć, po ideach i wynalazkach, które zostały w nich zrealizowane? Czy dzisiaj zaprzatają one swoją doskonałością rozwiązań jedynie uwagę kolekcjonerów?

Idee i wynalazki z okresu przedelektronicznego

można jednak odnaleźć we współczesnej komputyce, czasem w nieco przetworzonej postaci – wymieńmy ważniejsze z nich.

Logarytm

nie odszedł jednak do lamusa wraz ze zniknięciem suwaków logarytmicznych z biurków inżynierów i naukowców, ale na trwałe pozostał w rozważaniach dotyczących obliczeń, nie tylko dlatego, że logarytm jest anagramem słowa algorytm.

Chociaż powszechnie uważa się Napiera za odkrywcę logarytmu, to jednak idei prowadzącej do logarytmu można się doszukać analizując algorytm Euklidesa, odkryty prawie 2500 lat temu. By to zauważyć, zacznijmy od prostej intuicji. Przypuśćmy, że mamy odgadnąć w grze w zgadywanie nieznaną liczbę, wybraną spośród 1000 liczb naturalnych z przedziału [1, 1000]: odgadujący podaje swój typ, a ukrywający liczbę – odpowiada, czy ten typ jest dobry, za duży lub za mały od poszukiwanej liczby. Interesujące jest pytanie, ile przynajmniej razy trzeba zapytać, by znaleźć ukrytą liczbę? Okazuje się, że najlepszą strategią jest metoda **dziel i zwyciężaj**, polegająca na dzieleniu przedziału zawierającego poszukiwaną liczbę w połowie. Przy takiej strategii, odgadujący liczbę pyta tyle razy, ile razy trzeba podzielić przez 2 liczbę 1000 i kolejne ilorazy z dzielenia, by otrzymać przedział o długości 1,

czyli szukaną liczbę. Ta ilość pytań jest równa około $\log_2 1000$. Przedstawione rozumowanie może być wykorzystane do intuicyjnego wprowadzenia w szkole pojęcia logarytmu, które jest zmorą dla wielu uczniów, a także studentów.

Otóż w algorytmie Euklidesa, dla dwóch danych liczb, dla których szukamy największego wspólnego dzielnika, jest generowany ciąg liczb (reszt z dzielenia dwóch ostatnio wygenerowanych liczb), w którym kolejna reszta jest co najmniej o połowę mniejsza od dzielnej, czyli ta liczba jest co najmniej o połowę mniejsza od liczby stojącej w tym ciągu o dwie pozycje wcześniej. W najmniej sprzyjającym przypadku algorytm Euklidesa kończy się, gdy największy wspólny dzielnik jest równy 1. Stąd wynika, że liczba iteracji w algorytmie Euklidesa jest co najwyżej dwa razy większa od logarytmu przy podstawie 2 z większej z liczb danych na wejściu. To jest współczesne rozumowanie, Euklides nie zajmował się określeniem złożoności swojego algorytmu.

Obecnie logarytm jest funkcją powszechnie występującą zwłaszcza w wyrażeniach na złożoność algorytmów, np. w przypadku algorytmów konstruowanych na zasadzie *dziel i zwyciężaj*. Złożoność logarytmiczna jest znacznie bardziej pożądana niż na przykład liniowa, gdyż funkcja $\log_2 n$ jest znacznie wolniej rosnąca, niż funkcja n^r , dla jakiegokolwiek $r > 0$. Innym ważnym zastosowaniem logarytmu w komputyce jest określenie wielkości miejsca, jakie zajmuje w komputerze liczba o wartości n – jest to około $\log_2 n$ bitów. Logarytm nie utraci więc nic ze swojej roli w komputyce tak długo, jak długo komputery będą się rządziły arytmetyką binarną.

Zasoby informacji rosną w zawrotnym tempie, równie szybko rosną objętości pojedynczych plików, zwłaszcza przechowujących informacje multimedialne. W tych informacjach jest jednak wiele wolnego (pustego) miejsca, dzięki czemu jest możliwa

kompresja plików,

często do ułamka pierwotnej wielkości. Ma to olbrzymie znaczenie w komunikacji. Ale ten problem nie pojawił się dopiero w erze komunikacji internetowej – człowiek od zawsze starał się komunikować możliwie efektywnie i tworzył w tym celu odpowiednie kody. Nie inaczej było z telegrafem, zwłaszcza, że początkowo, niemal 100 lat przed erą elektronicznej wymiany informacji, posługiwanie się nim było związane z fizyczną pracą wysyłającego wiadomości. Twórca telegrafu Samuela F.B. Morse zaproponował więc alfabet, w którym literom najczęściej występującym w tekstach języka angielskiego – *e* i *t* – przydzielił najkrótsze kody – kropkę i kreskę – i podobnie innym literom przydzielił tym krótsze kody im częściej występują one w tekstach. Dzisiaj, na podobnej zasadzie są budowane kody Huffmana i ta metoda jest dość powszechnie stosowana we współczesnych systemach kompresji informacji. Morse’a wypada więc uznać za ojca kompresji.

I na koniec coś całkiem z innej półki, na której zamiast kalkulatorów stoją maszyny do pisania. Czy ktoś może sobie wyobrazić, że w pewnym momencie zostałby zmieniony

układ klawiszy na klawiaturze

komputera, albo, że zaczną one być rozmieszczane w dowolny sposób. To może być bardzo trudne do zaakceptowania – nasze palce tak przyzwyczyły się do układu QWERTY, że nawet

zamiana miejscami dwóch znaków na klawiaturze, jak jest w klawiaturach niemieckich (zamiana miejscami liter z i y), powoduje, że te dwie litery są zamieniane w tekście, nawet przy bacznej uwadze piszącego – „pamięć w palcach” dominuje nad zwielokrotnioną nawet uwagą piszącego.

Układ klawiszy na klawiaturze komputera, popularnie zwany QWERTY, pochodzi z układu klawiszy w maszynach do pisania, który został wprowadzony przez konstruktora pierwszych maszyn C.L. Sholesa w 1874 roku.

Układ klawiszy w całej klawiaturze miał zmniejszyć możliwość blokowania się czcionek przy uderzaniu o papier. Pod obno jednak w układzie klawiatury QWERTY zrealizowano dodatkowy wymóg, by wszystkie litery dość długiego słowa, jakim jest w języku angielskim TYPEWRITER, znalazły się w jednym rzędzie. Miało to zmniejszyć liczbę ewentualnych pomyłek, jakie mogli popełnić sprzedający maszyny do pisania, demonstrując swoje produkty zainteresowanym. Produkowano jednak także maszyny, w których klawisze z najczęściej występującymi literami w tekstach były najłatwiej dostępne i znajdowały się najbliżej klawisza odstęp.

Wydawać się może, że wielość fontów, dostępnych we współczesnych edytorach tekstu, jest pomysłem twórców tych edytorów. Jednak już pod koniec XIX wieku konstruowano maszyny do pisania z wymiennymi głowicami, na których były umieszczane różne kroje i wielkości znaków.

Faktycznie więc klawiatura komputera to kopia klawiatury maszyny do pisania, a fonty w elektronicznych edytorach to pomysł przeniesiony z mechanicznych edytorów.

To tylko trzy przykłady idei, pomysłów i inwencji z okresu sprzed elektronicznych komputerów, które nie tylko przetrwały kolejne przełomy związane z rozwojem elektroniki, ale stanowią fundamenty współczesnej komputyki i dalej ugruntowują swoją pozycję i znaczenie. W odniesieniu do logarytmu można sparafrazować słowa z arabskiego powiedzenia⁴ mówiąc:

Człowiek boi się czasu,
Lecz czas lęka się logarytmu.

Niewiele możemy dzisiaj powiedzieć, jaka będzie

przyszłość komputyki.

Kalkulatory mechaniczne i elektryczne, suwaki logarytmiczne zostały użyte przy projektowaniu kalkulatorów, kalkulatory zaś wyparły niemal natychmiast z użycia te urządzenia, które je stworzyły. A jaka nowa technologia zostanie stworzona na dzisiejszych komputerach, która



Blickensderfer 7 – maszyna do pisania z wymiennymi fontami i klawiaturą nie-QWERTY (koniec XIX wieku).

⁴ To powiedzenie arabskie brzmi: Człowiek boi się czasu, lecz czas lęka się piramid.

je wyprze w przyszłości? A może to będzie nie tylko technologia, a wręcz inny rodzaj inteligencji, konkurującej z inteligencją nierozzerwalnie związaną z człowiekiem?

Technologia komputerowa i komputacyjna rozwija się nieustannie i w olbrzymim tempie. Pojawiają się nowe idee i gadżety, które powoli zmieniają nasze życie niemal we wszystkich sferach. Jest to jednak tylko ewolucja, której efekty można przewidywać, a która nie burzy i nie rewolucjonizuje zachowania jednostki i stosunków społecznych, odsyłając do lamusa dotychczasowe rozwiązania, uznawane za tradycyjne.

Można sobie jednak wyobrazić, że technologia będzie coraz bardziej integrować się nie tylko z tradycyjnymi czynnościami człowieka na zasadzie ich wspierania, ale że w pewnym momencie całkowicie przejmie wykonywanie wybranych czynności. Znane już są tego przykłady, np. protezy uruchamiane impulsami z mózgu, często odruchowo, bez angażowania działań z pełną świadomością. Można sobie wyobrazić, że tak się może stać z czytaniem – odpowiedni chip, zainstalowany w kącie oka będzie odbierał sygnały („czytał” je) przychodzące do oka i przekazywał bezpośrednio do mózgu. Te sygnały mogą pochodzić nie tylko z ekranu przed naszymi oczyma, czy z otwartej książki, ale mogą być wysyłane bezpośrednio do chipa z globalnej biblioteki światowych zasobów informacji. Na przeszkodzie temu dopełnianiu mózgu informacjami może stanąć jednak natura człowiek – Stanisław Lem powoływał się na badania, które uzasadniały, że obecnie człowiek wcale nie absorbuje więcej informacji, niż robił to na przykład w Starożytności. Ale przecież ten chip może mieć podręczną pamięć, która będzie zapełniana na wszelki wypadek i szybko dostępna dla jego właściciela, nawet nieświadomie, w reakcji na impuls z mózgu.

Podobny los może spotkać inne czynności człowieka, odruchy bezwarunkowe i warunkowe, a także te z pogranicza myślenia i świadomości.