

ROZWÓJ NAUKI I TECHNOLOGII MOTOREM ZMIAN ŚWIATA

Wprowadzenie

Rok kończący drugą dekadę XXI wieku wprowadził nas w osłupienie podszyte niepewnością i obawą, a nawet strachem o przyszłość. Niepozorny wirus wstrząsnął systemem gospodarczym całego globu. Gwałtowny spadek produktywności gospodarek, liczne bankructwa setek tysięcy małych i dużych firm, wzrost bezrobocia i spadek dochodów setek milionów ludzi pokazał nam, jak krucha jest stabilność ładu, na której płynie globalna gospodarka i los związanych z nią miliardów ludzi. Znaleźliśmy się w miejscu, w którym nigdy wcześniej nie byliśmy, jesteśmy zaskoczeni i prawdę mówiąc niepewni skuteczności narzędzi, którymi dysponujemy.

Czeka nas wiele rozważań co dalej robić, aby zapobiec niechcianym scenariuszom. Warto odsunąć się od refleksji ostatnich miesięcy i spojrzeć na warunki, w jakich my, ludzie, znaleźliśmy się w pierwszych dekadach XXI wieku. Wszyscy odnotowaliśmy duże, nieznane wcześniej, tempo rozwoju m.in. w zakresie: informatyki, Internetu, medycyny, biotechnologii. Pozytywnie oceniamy niektóre globalne skutki dokonanego postępu: szeroki i łatwy dostęp do informacji, wzrost długości życia, wygaszenie źródeł wielu epidemii czy też wzrost produkcji żywności. Jednakże lista stojących przed ludzkością nierozwiązanych i ciągle groźnych problemów jest nadal długa. Z wielu jej składników trzy grupy należy wymienić w pierwszej kolejności.

- Postępująca dewastacja biosfery naszego globu, groźne w skutkach dla wielu regionów globu zmiany klimatyczne, rosnące zanieczyszczenie oceanów, wszystkie te procesy, które towarzyszyły rozwojowi ludzkości od stu lat, przybrały rozmiary grożące życiu na naszej planecie.
- Nieprzerwanie rosną nierówności w stanie posiadania, uzyskiwanych dochodach i poziomie życia ludzi wewnątrz krajów i między krajami. Jest to między innymi skutek działania mechanizmów wolnorynkowej walki o pieniądze i zysk, bez zwracania uwagi na towarzyszące temu działaniu negatywne skutki.
- Postępuje wzrost napięć i destabilizacja społeczeństw w wielu krajach, w całych regionach (Bliski Wschód), a nawet w skali kontynentów (Afryka). Ich wynikiem jest wybuch wojen domowych, ekspansja terroryzmu, migracja milionów ludzi, upadłe państwa i katastrofy humanitarne o rozmiarach od dawna nienotowanych.

Polityka globalna robi wrażenie chaotycznej szamotaniny, bezmyślnego forsowania swoich interesów, zamiast być ciągiem przemyślanych, logicznych i uzgodnionych działań w interesie wszystkich. Krótkowzroczność i bezradność polityków w szukaniu rozwiązań tych problemów, w uzgadnianiu i synchronizacji działań w skali globalnej, przygnębiają.

Problemy, przed którymi stoi cała ludzkość, są bardzo poważne. Wielu publicystów (Glenn et al. 2019; Maxton i Randers 2016) przewiduje nieuchronną katastrofę, uznając, że nie jesteśmy w stanie podjąć zsynchronizowanych działań. Aby właściwie ocenić sytuację, w jakiej się znaleźliśmy i możliwość rozwiązania wymienionych problemów, należy dokładniej uświadomić sobie potencjał, który posiadamy. Nigdy dotąd społeczeństwa nie osiągnęły tak wysokiego jak obecnie poziomu wykształcenia. Dysponujemy setkami tysięcy znakomicie wykształconych specjalistów we wszystkich obszarach nauki. Ci specjaliści mają do dyspozycji urządzenia technologiczne i aparat obliczeniowy o nieznanym do tej pory możliwościach. Powinniśmy umieć postawić przed nimi zadania i cele, których realizacja odsunie od nas widmo globalnej katastrofy. Jest to możliwe, jeśli zrozumiemy, że mnożenie kapitału nie jest najważniejszym celem ludzkiej działalności.

W tej publikacji podjęta została próba opisu i oceny działań i postępu w kilku wybranych obszarach nauki i technologii. Stworzony przez nas potencjał daje nam szansę na przetrwanie.

Świat ludzi kształcących się

Od niepamiętnych czasów spoglądamy wstecz, aby rozważać drogi, którymi ludzkość wędrowała i na których rozwijała się (Maddison 2004). W konkluzji tych rozważań stwierdzamy zwykle, że tempo rozwoju dokonanego przez ludzkość w ostatnim półwieczu jest niezwykle duże. W bardzo ciekawej pracy „*Growing, Fast and Slow*” A.G. Haldane (2015) posłużył się efektownym porównaniem: „Jeśli historię rozwoju ludzkości zmieścić w 24 godzinach, to 99% tego rozwoju dokonano w ostatnich 20 sekundach”. Ostatnie 20 sekund porównano tu z tak zwanym „*Malthusian era*”, wyróżnionym okresem biologicznego rozwoju *homo sapiens*. Historia cywilizacji jest krótsza – od powstania państwa Sumerów do czasów obecnych można określić czas na około 6 tysięcy lat. Ale nawet dla tak skróconego okresu porównania rezultaty pracy ludzkości w okresie ostatnich 50 lat (to już 12 minut z 24 godzin) należy uznać za przełomowe, o nieznanym w historii rodzaju ludzkiego rozmiarach i skutkach.

Analiza mechanizmów rozwoju, którą prezentuje A.G. Haldane oparta jest na kapitałowym modelu rozważań. Poza warunkiem skumulowania kapitału rozważane są inne warunki, socjologiczne i technologiczne. Można je uwzględnić poszerzając definicję „kapitału”. I tak można wprowadzić pojęcie kapitału fizycznego, rozumiejąc go jako surowce i maszyny, kapitału społecznego, jakim jest umiejętność współpracy i zaufanie, dalej kapitał intelektualny jako wykształcenie

i umiejętności pracowników, czy też kapitał infrastruktury jako dostęp do sieci transportu, energii, wody, itp.

Bardzo popularny jest podział ostatnich 250 lat na okresy czterech rewolucji przemysłowych. Opisał go niedawno K. Schwab (Schwab 2016). Początek każdego okresu to wynalazek o przełomowym znaczeniu. Zgodnie z tym opisem pierwsza rewolucja rozpoczęła się w roku 1784. Związana była z wynalazkiem maszyny parowej; rozpoczął się wtedy wiek pary. W drugiej połowie XVIII wieku w Anglii do serii ważnych wynalazków, obok maszyny parowej, należy zaliczyć maszynę przędzalniczą (1764), turbinę wodną (1769), telegraf optyczny (Francja, 1791) oraz w wieku XIX lokomotywę parową (1804) i telegraf elektryczny (1837).

Kolejną rewolucję przemysłową datuje się na rok 1870. Rozpoczyna się wtedy wiek elektryczności. Generator prądu i silnik elektryczny zamieniają energię elektryczną na mechaniczną i odwrotnie. Silnik spalinowy Diesla opatentowano w 1893 roku; uzyskano źródło napędu samochodu i samolotu. W 1895 roku Marconi przesłał pierwszą informację drogą radiową; rozpoczęła się era radia i wkrótce telewizji.

Początek trzeciej rewolucji przemysłowej K. Schwab datuje umownie na rok 1969. Rozpoczyna się wtedy wiek elektroniki, komputeryzacji, automatyzacji i robotyzacji. Elektronicy za przełomowy uważają wynalazek tranzystora złączeniowego, datowany na rok 1950, a już w 1958 roku zbudowano pierwszy półprzewodnikowy układ scalony. Rozwój technologii półprzewodników, mikroelektroniki i nanoelektroniki stworzył fundamenty współczesnej techniki. Na tych podstawach przebiega w kolejnych dekadach XXI wieku 4. Rewolucja Przemysłowa.

Szukając przyczyn i sił napędowych tego przyspieszenia ostatnich 12 minut należy spojrzeć uważnie na rolę systemu edukacji współczesnego społeczeństwa. Otóż przez kilka tysiącleci wiedza ludzi oparta była o *pozaformalne* kształcenie: przekaz rodzinny, nauka rzemiosła, zawodu, służba w wojsku, własne doświadczenia. Ta forma kształcenia pozwalała przeżyć jednostkom, plemionom, nawet całemu społeczeństwu. Znaczna część populacji utrzymywała się na poziomie dochodu bliskiego minimum egzystencji. Cechą charakterystyczną takiego przekazywania wiedzy było to, że kolejne generacje ludzi pozostawiały świat w prawie takim samym stanie, w jakim go zastały po swoim narodzeniu. Postęp osiągnięty przez kilka stuleci był zaledwie zauważalny (Maddison 2004). Uznajemy za przełomowe w rozwoju cywilizacji odkrycie i wykorzystanie pisma, koła, religii, pieniądza i prawa. Jednakże to nie wymienione odkrycia uruchomiły mechanizmy napędu. Stworzyła go edukacja i rosnący poziom wykształcenia społeczeństw.

Za przełomowy, w znaczeniu symbolicznym, można uznać rok 1088, w którym utworzono Uniwersytet w Bolonii, pierwszy w Europie. Wkrótce po nim utworzono uniwersytety w Paryżu i Oksfordzie. Tak rozpoczęła się era europejskich uniwersytetów, które miały zmienić oblicze cywilizacji. Oszacowano, że przez pierwsze 3 wieki uniwersytety europejskie ukończyło około 300.000 absolwentów. To dzięki nim Europa przeszła z mroków średniowiecza do renesansu.

Wynalezienie prasy drukarskiej przez Gutenberga około 1450 roku doprowadziło do eksplozji produkcji książek. Szacuje się, że w ciągu 50 lat po Gutenbergu wydrukowano więcej książek, niż napisano ręcznie przez poprzednie 1000 lat. To, co nastąpiło, było czymś więcej niż technologiczną transformacją. Książki przyczyniły się do wielkiego skoku w zakresie gromadzenia i sumowania zdobytej przez człowieka wiedzy, a także umiejętności czytania i pisania.

Znaczenie szkół i uniwersytetów szybko wzrastało. Już w XVII wieku w Europie dojrzało przekonanie, że wszyscy mieszkańcy powinni umieć czytać i pisać. W 1619 roku w Księstwie Weimarskim wprowadzono obowiązek szkolny. W Księstwie Gotajskim wprowadzono obowiązek szkolny w 1642, a w Księstwie Oleśnickim w 1683 roku. W 1717 roku w Prusach wydano nakaz, by wszystkie dzieci uczęszczały do szkoły podstawowej. W Danii decyzję taką podjął król w 1739 roku, a w krajach imperium Habsburgów cesarzowa Maria Teresa wprowadziła obowiązek szkolny stosunkowo późno, bo w roku 1774.

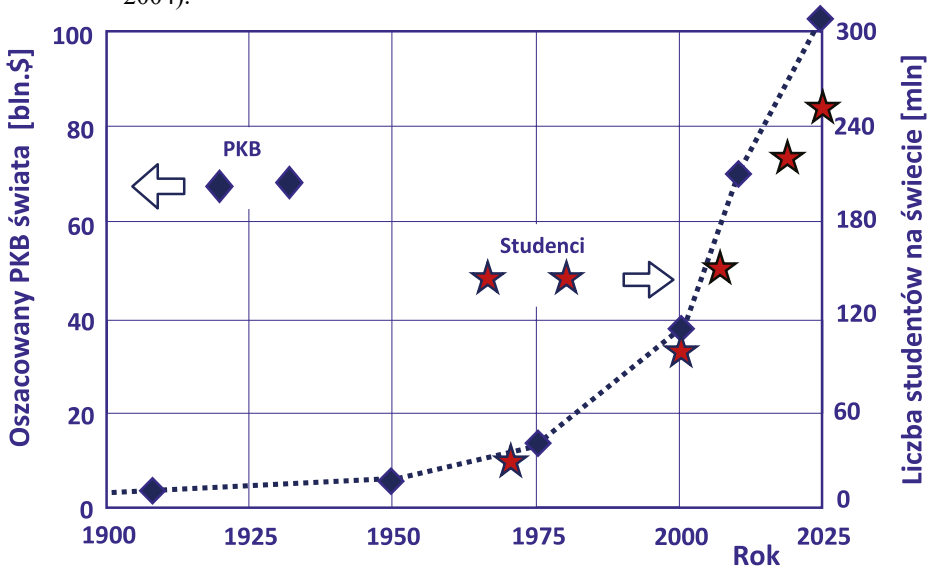
Kolejną ważną datą w historii rozwoju uniwersytetów był rok 1810, w którym Wilhelm von Humboldt otworzył w Berlinie *Universität zu Berlin*. Uniwersytet ten harmonijnie łączył przekazywanie wiedzy w procesie kształcenia ze swobodnym rozwojem nauki, wdrażał swoich studentów do prac badawczych, kształtował ich osobowość. Uniwersytety w XIX wieku stały się niezależnymi i samodzielnymi centrami badań i odkryć naukowych. Stworzony przez braci Humboldtów model uniwersytetu zyskał miano „matki nowoczesnych uniwersytetów” i został przejęty przez uniwersytety europejskie i amerykańskie.

W wieku XIX państwa europejskie budowały swoje struktury, tworzyły systemy prawne, administrację, z wielkim nakładem kosztów rozwijano systemy edukacyjne. Dla państwa uniwersytet stał się nieodzownym źródłem specjalistów, którzy doskonalili prawo, system edukacji, systemy podatkowe i mechanizmy funkcjonowania jego administracji (Castells 2009; Galwas 2017).

W wieku XIX uniwersytety intensywnie rozwijały nauki ścisłe: matematykę, fizykę i chemię, co otworzyło drogę drugiej rewolucji przemysłowej i inżynierii. Kraje Europy Zachodniej, które rozwinęły systemy uniwersyteckie, odnotowały wysokie tempo wzrostu dochodu narodowego. W latach 1820–1913 PKB krajów Europy Zachodniej wzrósł 5,6 raza, podczas gdy w Azji (bez Japonii) wzrósł jedynie 1,55 raza, a w skali świata wzrost wyniósł 3,9 raza. Należy odnotować, że w tym czasie przeciętna oczekiwana długość życia wzrosła w Zachodniej Europie o 10 lat, z 36 na 46, podczas gdy świat odnotował średni wzrost o 5 lat, z 26 na 31 (Maddison 2004).

Na rys. 1. pokazano kilka punktów odpowiadających liczbie studentów na świecie na tle krzywej wzrostu globalnego PKB w ostatnich 125 latach. Kształt obu krzywych ilustruje wykładniczy charakter wzrostu, zarówno PKB, jak i liczby studentów. Między tymi wielkościami nie ma bezpośrednio udokumentowanej relacji, jednakże oczywistym jest twierdzenie, że wzrost wykształcenia społeczeństwa poprzedza proces wzrostu PKB. Odstępstwem od tej zasady może być odkrycie złóż ropy czy też gazu, których eksploatacja przynosi znaczące dochody

Rysunek 1. Liczba studentów na świecie w ostatnich 125 latach na tle krzywej wzrostu światowego dochodu brutto PKB. Dane o PKB na podstawie (Maddison 2004).



do budżetu. Z danych wynika, że w ostatnich kilku dekadach liczba studentów na świecie wzrastała w tempie średnio 3,8% rocznie, podwajając się mniej więcej co 18 lat. W podobnym tempie rośnie światowe PKB.

Mechanizm napędzający ten niebywały wzrost jest zrozumiały. Społeczeństwa wielu krajów uświadomiły sobie, że droga do wydajnej gospodarki prowadzi przez podniesienie poziomu wykształcenia społeczeństwa. Umiejętności czytania, pisania i liczenia nie wystarczają. Funkcjonowanie współczesnych państw i przedsiębiorstw wymaga pracy armii specjalistów wykształconych na poziomie uniwersyteckim. W Europie i w USA tempo wzrostu było oczywiście mniejsze, system uniwersytecki rozbudowywano tam przez ostatnie 200 lat. Dominuje wzrost liczby studiujących w krajach Azji: w Japonii, Chinach, Indiach, Korei. Niestety, wzrost nie objął krajów Afryki. Opóźnienia rozwoju systemów kształcenia krajów afrykańskich skutkują masową migracją do Europy przez Morze Śródziemne.

W latach 1960–80 uczelnie wyższe wykształciły na świecie około 150 milionów specjalistów, w dwudziestolecie 1980–2000 kolejnych 300 milionów. To właśnie ta armia, dwie generacje wykształconych ludzi, wyposażonych w nowoczesną aparaturę badawczą i obliczeniową, jest twórcą rewolucji technologicznej ostatnich dekad, którą omówimy w kolejnym punkcie.

Główne kierunki rozwoju technologii – rys historyczny

Powszechną przyczyną wzrostu w rozmaitych gałęziach światowej gospodarki, w ostatnich 70. latach, były zmiany technologiczne.

Bardzo rozwinięto – odpowiadając na zapotrzebowanie ludzi – środki transportu. Transport lotniczy, wykorzystujący nowe generacje samolotów, pokrył naszą planetę gęstą siecią połączeń. Linie kolejowe zwiększyły znacznie prędkości i ładowność pociągów. Sieć autostrad pokryła glob, pędzą po niej setki milionów szybkich samochodów osobowych i ciężarowych. Ogromne, w dużym stopniu zautomatyzowane tankowce i kontenerowce pływają po oceanach.

Na świecie produkujemy coraz więcej żywności. Rolnictwo rozwinęło przemysłowe uprawy zbóż, soi, ryżu i kukurydzy, jarzyn i owoców, z intensywnym użyciem nawozów sztucznych i pestycydów. Przemysłowa hodowla zwierząt i ryb zapewnia dostawy białka, ryby w morzach łowione są już na głębokości do 200 metrów.

Nauki medyczne odnotowały ogromny wzrost. Ulepszono techniki diagnozy chorób, tomografia komputerowa jest tylko jednym z rozwiniętych w tym czasie narzędzi. Ogromne postępy odnotował przemysł farmaceutyczny, opracowano lekarstwa na choroby, które do niedawna prowadziły do zgonu. Istotnie wzrosła przeciętna długość życia, rośnie liczebność grupy emerytów, co w wielu przypadkach prowadzi do kryzysu systemów emerytalnych.

Ogromne postępy poczyniła automatyzacja produkcji. Jesteśmy w stanie automatyzować linie produkcyjne prawie każdego produktu wytwarzanego masowo, od gazet i książek, przez meble i artykuły gospodarstwa domowego do samochodów.

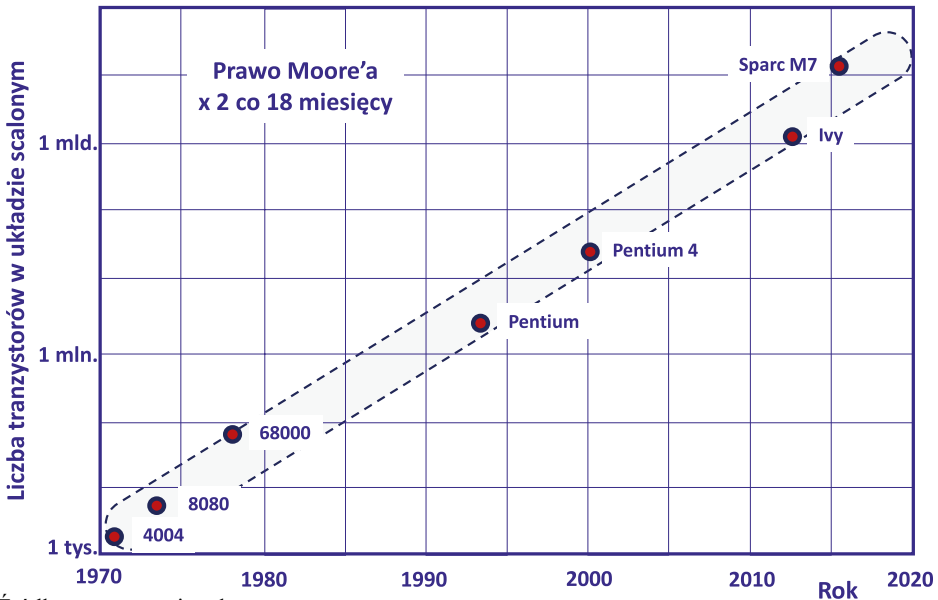
Największy postęp odnotowano w obszarach elektroniki, informatyki i telekomunikacji. Rozwój wymienionych dziedzin uwarunkował postęp we wszystkich wymienionych wcześniej obszarach: transporcie, produkcji żywności, medycynie i automatyzacji. Należy już w tym miejscu zauważyć, że skutki tego rozwoju, nieoczekiwane i niezamierzone, sięgają dużo dalej, wprowadzają zmiany w modelu naszej cywilizacji, kształtują jej nowe oblicze. Nie wszystkie z tych zmian są zmianami na lepsze.

Mikroelektronika i nanoelektronika

Od niepamiętnych czasów ludzie przesyłali sobie informacje. Wynalezienie telegrafu elektrycznego z transmisją alfabetem Morse'a ogromnie zwiększyło szybkość przesyłu. Przełomowym wynalazkiem było radio. Wykorzystano w nim transmisję fali elektromagnetycznej EM, na którą naniesiono informację. Fala EM, zgodnie z prawami fizyki, propagowana jest z prędkością światła, która – jak wiadomo – jest największą prędkością w przyrodzie. W pierwszych rozwiązaniach wykorzystywano fale EM o długościach kilometrowych, kolejno coraz krótszych, metrowych, centymetrowych. Każde skrócenie fali umożliwiało transmisję coraz większej ilości informacji. Sygnał odbierany przez antenę odbiornika był bardzo

słaby, zasięg transmisji był niewielki. Aby rozszyfrować informację należało go wzmocnić. Wielkim krokiem naprzód było wynalezienie lamp próżniowych. Przez kilka dekad lampy te zapewniały działanie odbiorników radiowych i telewizyjnych. Kolejnym przełomem było wynalezienie tranzystora półprzewodnikowego.

Rysunek 2. Wzrost liczby tranzystorów w obwodzie scalonym w latach 1970–2010, ilustrujący prawo Moore'a. Liczba tranzystorów w obwodzie scalonym podana w skali logarytmicznej. Na wykresie zaznaczone niektóre ze znanych mikroprocesorów.



Źródło: opracowanie własne.

Ideę działania tranzystora zaproponował fizyk E. Lilienfeld już w 1926 roku. Jednakże dopiero amerykańscy naukowcy J. Bardeen, W. Brattain i W. Shockley wytworzyli tranzystor ostrzowy w 1947 roku, a złączowy w 1950 roku. Tranzystor, miniaturowy element półprzewodnikowy, rozwiązał problem wzmocnienia słabych sygnałów radiowych. Okazało się wkrótce, że można wykorzystać tranzystor w układach pamięci i przetwarzania danych w układach procesorów. W pierwszych komputerach – np. ENJAC – wykorzystywano lampy elektronowe. Użycie tranzystorów pozwoliło zmniejszyć znacznie wymiary komputerów, zwiększając jednocześnie ich niezawodność. Kolejnym krokiem było opanowanie w 1958 roku technologii produkcji układów scalonych, gdy na jednej niewielkiej rozmiarów płycie półprzewodnika umieszczono kilkadziesiąt, potem kilkaset, wreszcie kilka tysięcy logicznie połączonych ze sobą tranzystorów. Wtedy narodziła się mikroelektronika, wielkiej wagi gałąź technologii.

W 1965 roku G. Moore opublikował spostrzeżenie, że liczba tranzystorów w układzie scalonym podwaja się dzięki rozwojowi technologii co 18 miesięcy.

Spostrzeżenie to nazwano znanym na całym świecie prawem Moore'a. Ilustrację wskazującą na celność prawa Moore'a pokazano na rys. 2. Pokazano tutaj zależność liczby tranzystorów w kolejnych generacjach pamięci i mikroprocesorów półprzewodnikowych na przestrzeni ostatnich 50 lat. Oś pionowa wskazuje liczbę tranzystorów w mierze logarymicznej, od 1 tysiąca do 100 miliardów. Okazało się, że rozwój technologii umożliwił niewyobrażalną do niedawna miniaturyzację elementów. Rozmiary elementów umieszczone w układzie scalonym zaczęliśmy mierzyć nie w mikrometrach, ale w nanometrach; powstała nanoelektronika.

Pamięci półprzewodnikowe, w których umieszczono miliardy tranzystorów, pozwalają przechowywać ogromne ilości danych liczbowych. Mikroprocesory z miliardami tranzystorów umożliwiają z kolei przetwarzanie tych danych liczbowych. Opanowanie technologii wytwarzania takich układów otworzyło drogę do systemów obliczeniowych nazywanych sztuczną inteligencją.

Czas światłowodu

Jak wspomniano wyżej zapotrzebowanie na transmisję informacji starano się rozwiązać już w XIX wieku. Odpowiednie, wybrane dane przedstawiono w Tabeli 1. na przykładzie łączy transatlantyckich. Już w 1858 roku położono pracujący pod wysokim napięciem kabel na dnie Atlantyku między Irlandią i Nową Fundlandią, wyspą kanadyjską. Umożliwił on transmisję kilku słów na godzinę. Jeszcze w 1928 roku położono kolejny kabel, choć równolegle wykorzystywano transmisję radiową.

Ważnym krokiem była instalacja kabla podmorskiego TAT-1 w 1956 roku, wykorzystującego do podtrzymania poziomu transmisji mocy wzmacniacze lampowe. Pierwszą taką linią można było transmitować równolegle 36 kanałów rozmów telefonicznych. Było to osiągnięcie o światowym wymiarze. Jednak już po siedmiu latach tranzystory w łączy TAT-3 zastąpiły lampy elektronowe.

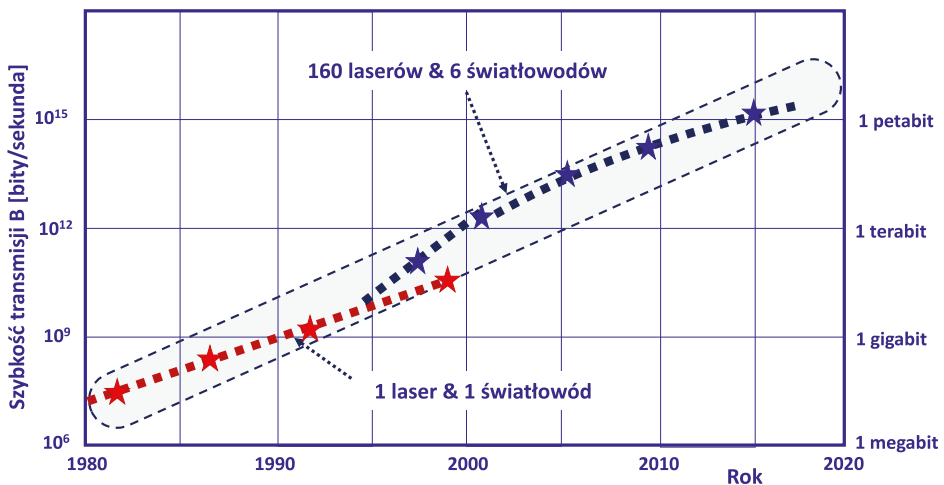
Era tranzystorów w łącach transatlantyckich trwała tylko 10 lat. Przyszedł czas na światłowody. Już w roku 1988 uruchomiono pierwsze światłowodowe łącze transatlantyckie TAT-8. Pojemność łączy pozwalała na jednoczesne prowadzenie 40.000 rozmów. Transmisja informacji nabrała nowych rozmiarów. Zaprzestano podawania liczby kanałów umożliwiających prowadzenie rozmów. Miarą szybkości transmisji stał się Gigabit/sekundę, wkrótce potem Terabit/sekundę. W 2016 roku połączono USA z Hiszpanią łączy światłowodowym MAREA o przepustowości 26.2 Tbit/sek. W roku 2020 zostanie oddane do użytku łączy DUNANT łączy USA z Francją o przepustowości 300 Tbit/sek.

Opanowanie umiejętności przesyłania głosu w transmisjach radiowych oraz głosu z obrazem w transmisjach telewizyjnych nie pokryło zapotrzebowania na przesyłanie informacji. Ilość radiowych stacji nadawczych była ograniczona, na jednej długości fali mogła nadawać tylko jedna stacja. Co gorsza, ilość odbiorców była nieograniczona, a jak wiadomo, w świecie polityki czy finansów jest wiele informacji poufnych. Rozwiązaniem była transmisja kablem. Poszukiwanie najlepszego rozwiązania szybko doprowadziło technologów do szklanego światłowodu.

Tabela 1. Zestawienie możliwości transmisyjnych wybranych łączy transatlantyckich wykonanych w różnych technologiach na przestrzeni ostatnich 160 lat.

Rok powstania	Technologia	Pojemność transmisji	Linia, między
1858	Kabel telegraficzny	Kilka słów na godzinę	Atlantis, Ireland – Newfoundland
1928	Kabel telegraficzny	2.500 liter/minutę	Newfoundland - Azory
1956	Lampy próżniowe	36 kanałów	TAT-1, Newfoundland – Scotland
1963	Tranzystory	138 kanałów	TAT-3, New Jersey – England
1978	Tranzystory	4.000 kanałów	TAT-7, New Jersey – England
1988	Światłowod	40.000 kanałów	TAT-8, USA – England – France
1993	Światłowod	1.3 Gbit/sek	TAT-11, USA – France
2000	Światłowod	640 Gbit/sek	TAT-14, USA – England
2007	Światłowod	7.68 Tbit/sek	Hibernia Atlantic, USA – Europe
2016	Światłowod	26.2 Tbit/sek	MAREA, USA – Spain

Rysunek 3. Szybkość transmisji sygnałów cyfrowych podawana w bitach/sekundę. Skala pionowa, to skala logarytmiczna. Szybkość transmisji wzrasta dziesięciokrotnie co 4–5 lat.



Źródło: opracowanie własne.

Światłowod jest bardzo cienką nitką wykonaną ze szkła kwarcowego o grubości około 0,1 mm. Szkło kwarcowe jest unikalnym materiałem, który wykazuje się nadzwyczajną przezroczystością dla promieniowania o długości fali odpowiadającej bliskiej podczerwieni. W tych zakresach długości fali tranzystory już nie pracują. Rozwinięto i wykorzystano technologię laserów półprzewodnikowych. Zasada transmisji jest stosunkowo prosta. Laser zamienia impulsy prądu na impulsy promieniowania, które przesyłane są szklanym światłowodem do fotodetektora. Ten zamienia je na impulsy prądu.

Czterdzieści lat temu budowano łącza światłowodowe o przepustowości kilkuset milionów impulsów na sekundę. Intensywna praca technologów pozwoliła zwiększać dziesięciokrotnie prędkość transmisji co 4–5 lat. Na rys. 3. pokazano jaki jest charakter krzywej wzrostu szybkości transmisji w ostatnich 40. latach. Szybkości transmisji podano na skali logarytmicznej. Jak widać, wzrost prędkości transmisji ma charakter wykładniczy. Ogromny w swym rozmiarze wzrost prędkości transmisji uzyskano nie przez wykorzystanie kilku błyskotliwych pomysłów i nie w instalacjach montowanych przez start-up'y w garażach samochodowych. Jest to rezultat mrówczej pracy tysięcy doskonale wykształconych specjalistów w setkach świetnie wyposażonych laboratoriów (Galwas 2018).

Do niezmiernie ważnych rozwiązań technicznych należy dołączyć rozwiązanie problemu cyfryzacji informacji. Cyfryzacja stworzyła możliwość przetworzenia i zapisu każdego rodzaju informacji w postaci ciągów liczb. Tą informacją może być dźwięk, ludzka mowa, nagranie orkiestry symfonicznej, zdjęcie krajobrazu górskiego, film, sygnał kanału telewizyjnego, tekst książki, zapis programu komputerowego. Przetworzenie praktycznie każdego rodzaju informacji do uniwersalnej postaci cyfrowej umożliwiło jej transmisję, rejestrację i przechowanie.

Należy wyobrazić sobie co oznacza szybkość transmisji 10 Terabitów/sekundę. Dobrze znany, popularny dysk zapisu optycznego DVD (ang. *Digital Versatile Disc*), na którym można zarejestrować pełnometrażowy, dwugodzinny film kolorowy, ma pojemność 4,7 GigaBajtów. Łączem optycznym o szybkości transmisji 10 Tb/s można przesłać w ciągu 1 sekundy zawartość 265 takich dysków. Licząc dalej, można łączem optycznym w ciągu 2 godzin jednocześnie przesłać do 1,9 miliona ludzi film wybrany bezpośrednio przez każdą z tych osób. Do niedawna, 40 lat temu, nie wyobrażano sobie, że sieć transmisji informacji może osiągnąć takie parametry.

Telekomunikacja mobilna

Jedną z zalet transmisji radiowej jest możliwość zmiany położenia odbiornika w stosunku do nadajnika w trakcie transmisji. Opracowując zasady działania telefonii mobilnej uznano, że należy zachować tę niezwyklej wagi zaletę. Transmisja informacji powinna być bezprzewodowa. Warunkiem funkcjonowania bezprzewodowej transmisji między nadajnikiem i odbiornikiem jest możliwość propagacji fali elektromagnetycznej między nimi mimo rozmaitych przeszkód,

z których najczęściej spotykaną są ściany budynków. Znalaziono długości fal, pasma częstotliwości, w których promieniowanie EM przenika przez betonowe i szklane ściany budynków.

Jak wspomniano wcześniej, liczba niezależnych strumieni informacji transmitowanych równocześnie przez nadajnik jest ograniczona. W dobranych pasmach częstotliwości nie można zmieścić zbyt wiele kanałów. Aby umożliwić jednoczesne porozumiewanie się milionów użytkowników podzielono obszar lądowy, na którym ma być świadczona usługa radiowa, na komórki o rozmiarach zależnych od terenu. Komórki mają regularne kształty, zwykle sześciokąty, rzadziej kwadraty. W miastach o gęstej zabudowie rozmiary komórek są niewielkie, zwykle kilkaset metrów. W terenach rolniczych o rzadkiej zabudowie rozmiary komórek mierzone są w kilometrach. W każdej komórce umieszczony jest nadajnik komunikujący się z odbiornikami/terminalami znajdującymi się w jej obszarze. Jeżeli terminal jest ruchomy i przechodzi do obszaru sąsiada, to transmisję przejmuje nadajnik sąsiada. W każdej z komórek wykorzystywana jest pewna liczba kanałów o określonych częstotliwościach. Sąsiednie komórki wykorzystują inne częstotliwości. Grupa częstotliwości może być ponownie wykorzystana w innych komórkach, jednakże pod warunkiem, że te same częstotliwości nie są ponownie wykorzystywane przez sąsiadów. W ten sposób uniknięto zakłóceń między odbiorcami pracującymi na tych samych częstotliwościach.

Połączenie ruchomego terminala z umieszczonym w komórce nadajnikiem, zwanym stacją bazową, jest tylko początkiem drogi transmisji informacji. Jeśli użytkownik terminalu chciałby połączyć się z innym użytkownikiem na antypodach, to stacja bazowa podłączona do światowej sieci rozpoczyna poszukiwania rozmówcy, wykorzystując – jeśli trzeba – transoceaniczne łącza światłowodowe, a nawet łącza satelitarne. Cały światowy system transmisyjny, powstały z elementów tworzonych w różnym czasie i często wykorzystujący różne technologie, pracuje niezawodnie, wystawiając najlepsze świadectwo jego twórcom.

Prace nad utworzeniem sieci telefonii komórkowej postępowały bardzo szybko. Uruchamiano kolejne generacje sieci stacji bazowych, rosła szybkość transmisji danych. Telefony użytkowników zmieniały swoje możliwości, stały się wkrótce złożonymi terminalami, z szybkimi procesorami, pojemnymi pamięciami i złożonym oprogramowaniem. Teraz instalujemy w wielu krajach sieć telekomunikacyjną 5G piątej generacji. Spory o prawo instalacji przybrały charakter międzynarodowy.

Internet, sztuczna inteligencja i co dalej

Przemieszczanie się ludzi, przesyłanie towarów było już w czasach starożytnych koniecznością. W drugiej połowie XX wieku skompletowaliśmy wielkim nakładem pracy i kosztów wielowarstwową strukturę komunikacyjną, złożoną

z dróg, linii kolejowych, sieci połączeń lotniczych i morskich. Uznaliśmy, że jesteśmy w naszym świecie dobrze połączeni ze sobą.

W międzyczasie okazało się jednak, że równie potrzebna jest sieć do transmisji informacji. Potrzeby tej nie zaspokoiła dobra poczta, sieć stacji radiowych i telewizyjnych, pojemne łącza telefoniczne. Dopiero opanowanie technologii produkcji mikroprocesorów i pamięci półprzewodnikowych, budowa sieci łączy światłowodowych, budowa sieci stacji bazowych telekomunikacji mobilnej o wymiarze globalnym oraz zainstalowanie globalnej sieci serwerów tworzących chmurę obliczeniową doprowadziła nas do utworzenia nowej sieci. Obok sieci służącej do transportu ludzi i towarów wybudowaliśmy sieć przechowywania i transmisji informacji – nazywamy ją Internetem. Liczba ludzi korzystających z Internetu rosła w niebywałym tempie. Statystyki publikowane w 2020 roku informują, że obecnie żyje na naszym globie 7,75 miliarda ludzi, z czego 55% mieszka w miastach. Liczba użytkowników telefonów komórkowych przekroczyła 5 miliardów. Liczba internautów jest nieco mniejsza i przekroczyła 4,5 miliarda, natomiast z mediów społecznościowych korzysta 3,8 miliarda ludzi. **W Ameryce Północnej oraz w Europie ponad 90% mieszkańców korzysta z Internetu. W Afryce subsaharyjskiej odsetek korzystających z Internetu jest najmniejszy, poniżej 20%.**

Tabela 2. Zestawienie liczbowe danych opisujących rozmiar globalnej transmisji informacji mierzonej w gigabajtach, dla ilustracji niebywałego postępu ostatniego trzydziestolecia.

Rok	Globalna transmisja w Internecie mierzona w Gigabajtach
1992	100 GB na dzień
1997	100 GB na godzinę
2002	100 GB na sekundę
2007	2.000 GB na sekundę
2016	26.000 GB na sekundę
2021	105.800 GB na sekundę

Źródło: opracowanie własne.

W Tabeli 2 zestawiono liczby opisujące transmisję informacji w wymiarze globalnym, w okresie ostatnich 30 lat. Zestawienie danych obrazuje jak szybko uznaliśmy transmisję informacji za niezbędną w normalnym, codziennym życiu.

Światowy system przesyłania informacji jest jednym z owoców rewolucji technologicznej. Dysponując pamięciami do przechowywania danych i szybkimi procesorami do ich analizy rozwinięto dział informatyki, który nazwano sztuczną inteligencją (ang. *artificial intelligence*). Stworzono programy obliczeniowe, zdolne do analizy i interpretowania danych opisujących pewien proces, w konsekwencji umożliwiające podejmowanie decyzji, które mógłby podjąć w takiej sytuacji umysł ludzki. Jako przykłady można wymienić analizę

danych medycznych i stawianie wstępnej diagnozy choroby, zachowanie inteligentnych robotów, gry logiczne, np. szachy i wiele podobnych.

Nie sposób wymienić choćby najważniejsze obszary zastosowań systemów sztucznej inteligencji. Ich liczba rośnie nieustannie. Dodać można systemy analizujące upodobania wyborców, podpowiadające kandydatom o czym i jak mówić do wyborców, aby tą drogą wpłynąć na ich decyzje podejmowane przy urnie wyborczej. Działanie firm oferujących usługi tego rodzaju odnotowano w wyborach prezydenckich wielu krajów.

O mediach społecznościowych napisano bardzo wiele, są obecne w życiu politycznym wielu krajów i osobistym życiu setek milionów ludzi. Mały ekran smartfonu jest towarzyszem przeżyć studentów, uczniów i nawet przedszkolaków. Odnotowujemy to jako fakt nie znając dalekosiężnych jego skutków edukacyjnych i wychowawczych.

Ocena przedstawiona przez K. Schwaba (2016) uznaje procesy zachodzące w ostatnich latach w świecie nauki i technologii za 4. Rewolucją Przemysłową ze względu na trzy czynniki:

- Prędkość zachodzących zmian, w wyniku dodatniego sprzężenia zwrotnego, ma charakter już nie liniowy, ale wykładniczy.
- Szerokość i głębokość zachodzących zmian prowadzą do bezprecedensowego rozwoju w gospodarce, biznesie, społeczeństwie i indywidualnym życiu.
- Wpływ na sposób życia i funkcjonowania ludzkości w wymiarze globalnym.

Użycie nazwy 4. Rewolucja Przemysłowa ma zwrócić naszą uwagę na niezwykłość czasów, w których żyjemy, na konieczność bacznej obserwacji dokonujących się zmian, których konsekwencje mogą mieć różne skutki. Tempo rozwoju nauki i technologii jest dla wielu z nas zachwycające, budzi nadzieję rozwiązania wielu dręczących problemów. Oczekujemy wielu pozytywnych, już zachodzących zmian: wydłużenia życia, eliminacji zachorowalności na wiele chorób, znalezienia lekarstw na dręczące nas choroby. Rosną możliwości rozwiązywania problemów społeczeństw, być może rozwiążemy szybko problemy pozyskiwania energii, uzdatniania wody, likwidacji źródeł zanieczyszczeń. Poza tym rewolucja faworyzuje ludzi zdolnych, dobrze wykształconych w specyficznych kierunkach, nadążających za zmianami i wyczuwających nowe trendy.

Jednakże wśród naukowców i polityków równolegle wyrażane są obawy o zasięg i nieprzewidywalność zmian, o panowanie nad ich skutkami (Glenn et al. 2019; Maxton i Randers 2016). Postęp technologiczny redukuje wiele stanowisk pracy, zawodów, całych gałęzi przemysłu i usług, tworzy zbiór ludzi niepotrzebnych, nieprzydatnych. Nie umiemy – jak do tej pory – zaproponować innych rozwiązań tych problemów, niż zasiłki dla ubogich. Bardzo wielu ludzi już obecnie nie nadąża za zmianami: w wykształceniu, w aktualizacji umiejętności, w zrozumieniu świata, w którym żyją. Jednostka stojąca naprzeciw zmieniającej się rzeczywistości jest bezradna. Pojawia się opinia/obawa, że 4. Rewolucja napędzana mechanizmem walki wolnorynkowej o pieniądze i zysk, bez zwracania uwagi na negatywne skutki w społeczeństwach i w środowiskach, może

doprowadzić do katastrofy w skali planetarnej. Rosną nierówności wewnątrz krajów i między krajami, setki milionów naszych obywateli nadal żyje w ubóstwie. Ogromnie zróżnicowany jest dostęp do szans rozwoju, do wiedzy i do bogactwa. Bezrobocie, szczególnie wśród młodych ludzi, oznaczające brak środków do życia, jest poważnym problemem. Społeczeństwo Europy już teraz boryka się z tragicznymi konsekwencjami i skutkami społecznych niestabilności w Afryce i na Bliskim Wschodzie.

Pesymistyczny ton powyższego wywodu jest skutkiem spostrzeżenia, że głównym „silnikiem i paliwem” opisanych zmian jest walka o panowanie na rynku i pomnażanie zysku. Rozwiązywanie problemów istotnych dla ludzkości, na przykład powstrzymanie zmian klimatycznych, nie tylko nie przynosi zysku, ale wymaga ogromnych nakładów finansowych.

Próba podsumowania

Warunki życia na zamieszkiwanej przez nas planecie zmieniają się nieustannie od tysięcy lat. Tempo zmian wciąż rośnie, przy czym w ostatnich 50. latach wzrosło do rozmiarów, które niepokoją. Wielu z nas obawia się, że społeczeństwa nie nadążają za tymi zmianami, że liczba i skala zagrożeń i nierozwiązanych problemów rośnie z dekady na dekadę. Słyszymy ostrzeżenia, że rozwój technologii wnosi więcej problemów niż rozwiązuje. Nie ma powodu, ale też i sposobu, by uruchamiać jakieś hamulce. Jeśli konieczność zmian potraktować jako diagnozę choroby, to jest to choroba nieuleczalna. Musimy i powinniśmy sprostać wyzwaniom stwarzanym przez lawinowy rozwój technologii, uporać się z problemami odziedziczonymi po naszych praprzodkach, rozwiązać nowe, często trudniejsze.

Miejmy jednakże na uwadze, że nasi praprzodkowie nie potrafili urządzić na tym świecie warunków życia, które teraz uznalibyśmy za dobre. Pamiętamy, że dopiero 160 lat temu zniesiono niewolnictwo, handel ludźmi i pańszczyznę, dopiero 70 lat temu upadł hańbiący Europę system kolonialny, 30 lat temu zniesiono apartheid i segregację rasową. W wielu krajach dalej notowany jest handel ludźmi, w bardzo wielu krajach kobiety i mężczyźni nie mają równych praw.

Przed wchodzącymi w życie generacjami Internetu stoją teraz bardzo poważne i trudne do rozwiązania problemy. Dodajmy do tego zastany problem, jakim jest skłonność do wszczynania wojen jako sposobu na rozwiązywanie problemów. W rękach ludzi znajduje się broń nuklearna, która może zniszczyć glob i naszą cywilizację. Nie możemy uznać stanu takiego za utrwalony. Powszeczną rezygnacją z użycia wojny jako środka rozwiązywania konfliktów jest palącą koniecznością.

Internet sam w sobie nie jest lekarstwem na wielkie utrapienia i problemy Ziemi. Nie oczekujemy też znalezienia z jego pomocą uniwersalnych rozwiązań i odpowiedzi. Z pewnością pomoże wykształcić następne generacje, ukształtować

w nich otwartość, wielką tolerancję dla inności, odpowiedzialność, solidarność i poczucie wspólnego losu.

Bądźmy dobre myśli. Tworząca się i dorastająca społeczność Internetu jest wykształcona lepiej, niż jakkolwiek w przeszłości. Należy mieć nadzieję, że poradzi sobie z ogromem trudnych, globalnych w swych rozmiarach problemów. Jestem przekonany, że przyszłe rządy będą łatwiej niż obecne tworzyły porozumienia i dochodziły do kompromisów. Przyszłość jawi nam się pełna pułapek i arcytrudnych problemów. Wiedza ludzi, ich mądrość, umiejętność czynienia ustępstw i świadomych ograniczeń wraz z poczuciem odpowiedzialności powinny wyprowadzić na spokojne wody statek, którym płyniemy.

Bibliografia

- Castells M. (2009), *Lecture on Higher Education*, University of the Western Cape. <http://www.fiappl.info/2009/10/revolutionising-higher-education.html>
- Castells M., (2010), *Społeczeństwo sieci*, Wydawnictwo PWN, Warszawa.
- Galwas B., (2017), Uniwersytety – ich rola i przyszłość. Uwagi i spostrzeżenia, *Biuletyn Polskiego Towarzystwa Ekonomicznego*, Nr 4/79 Wrzesień 2017.
- Galwas B., (2018), *Podstawy telekomunikacji optycznej*, Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki, Warszawa.
- Glenn J.C., The Millennium Project Team, (2019), *Work/Technology 2050. Scenarios and Actions*, 2019 The Millennium Project, Washington, D.C.
- Haldane A.G., (2015), *Growing. Fast and Slow*, University of East Anglia. www.bankofengland.co.uk/publications/Pages/speeches/default.aspx
- Maddison A., (2004), *Growth and Interaction in the World Economy: The Roots of Modernity*, The AEI Press.
- Maxton G., Randers J. (2016), *Reinventing Prosperity*, A Report to the Club of Rome.
- Schwab K., (2016), *The Fourth Industrial Revolution*, World Economic Forum.