

Nie dostarczanie, lecz pobieranie informacji Jak komputery zmieniają pracę, zawody i szkołę?

Wprowadzenie

Fantastyczny rozwój techniki komputerowej, robotycznej i mechatronicznej radykalnie zmienia rynek pracy. Zmiana ta zwykle objawia się tym, że człowieka – operatora maszyny zastępuje operator – komputer. Powstaje nowy obraz pracy, w którym zupełnie inaczej wygląda jej organizacja i struktury komunikacyjne. Przed nowymi wyzwaniem staje więc szkoła i kształcenie zawodowe. Jakie są najważniejsze z nich? Jak udział ma w tym komputer? Jak zmienia się praca i pojęcie zawodu? Jak przygotowywać ludzi do tych zmian? Jak edukacja powinna nadążać za komputeryzacją i robotyzacją przedsiębiorstw przemysłowych i usługowych?

Spróbuję odpowiedzieć na te pytania. Zaczę od przedstawienia przyczyn zmian. Następnie omówię ich skutki, które objawiają się tak zwanym nowym podziałem pracy. Pokażę, dlaczego komputery zmieniają pracę; jakie zadania „lubi” komputer i sterowane nim maszyny; jakie zadania są łatwe dla człowieka, a trudne dla komputera. Przedstawię model komputeryzacji zadań pracy. Następnie przejdę do wyzwań edukacyjnych, jakie niesie rosnąca komputeryzacja, robotyzacja i mechatronizacja pracy ludzkiej. Scharakteryzuję najważniejszą cechę skomputeryzowanych przedsiębiorstw z punktu widzenia edukacji – samodzielne pobieranie informacji, zamiast jej dostarczania przez kogoś obcego. W tym kontekście przedstawię dwa paradygmaty dydaktyczne – komputacjonalistyczny i konstruktywistyczny. Na koniec zrobię wycieczkę w matematykę – inne, choć nie nowe ujęcie nauki o nauczaniu-uczeniu się i spróbuję wykazać jego aktualność w kontekście zmian, jakie zachodzą na rynku pracy.

Przedstawione rozważania są wynikiem moich doświadczeń nauczycielskich i inżynierskich. Przede wszystkim praktyki nauczania robotyki, mechatroniki i informatyki oraz szerokiego spojrzenia na edukację techniczną¹. Dużą rolę odegrały

¹ M. Gawrysiak, *Edukacja metatechniczna*, Radom 1998 (w całości na www.pbc.biaman.pl).

przy tym refleksje, jakie nasunęły mi się podczas przekładania na język polski książki o tym, jak komputery zmieniły przedsiębiorstwa przemysłowe².

Komputery, robotyka i mechatronika jako przyczyny zmian na rynku pracy

Komputery, roboty i różnego rodzaju urządzenia mechatroniczne stają się coraz bardziej powszechne. Mechatronika dokonuje cichej rewolucji techniki. Jako powiązanie mechaniki z elektroniką i informatyką, daje nie tylko ciekawe skutki techniczne, ale niesie też ogromne skutki społeczne.

Z punktu widzenia pracy ludzkiej użytkowanie urządzeń mechatronicznych można traktować jako przejmowanie działania (czynności, pracy) człowieka przez sztuczny, mechatroniczny system działaniowy. Powstaje w ten sposób socjotechniczny (socjomechatroniczny) system działaniowy, który zwykle realizuje funkcję pracy. Towarzyszy temu *integracja socjomechatroniczna*, która przejawia się dwójako: (1) *zastępowaniem* (substytucją) pracy człowieka mechatronicznymi systemami działaniowymi oraz (2) *dopełnianiem* (komplementacją) funkcji pracy o funkcje niedostępne dla człowieka, a realizowalne mechatronicznymi systemami działaniowymi. Oba te sposoby można nazwać *zasadami mechatronizacji*³.

Obraz mechatroniki jest w społeczeństwie bardzo mglisty. Jest on zdominowany przez robotykę, a sam obraz robotyki – szczególnie przez roboty humanoidalne. Scenariusze zastępowania człowieka przez urządzenia mechatroniczne (zwłaszcza przez roboty) opierają się z reguły na różnym rozumieniu tych samych słów, na niejednoznacznej semantyce, która przykrywa prawdziwe stany rzeczy i konflikty. Scenariusze te przyczyniają się również do wzmacniania uproszczonych opinii w rodzaju, że człowiek – w zależności od paradygmatu nauk przyrodniczych – nie jest niczym innym jak algorytmem swoich genów, maszyną biologiczną, opartym na węglowodanach sprzętem i oprogramowaniem itp. Te redukcjonistyczne podejścia spotyka się w robotyce przede wszystkim w postaci pomieszania wizji robotycznych z rzeczywistością oraz pomieszania inteligencji człowieka z inteligencją sztuczną.

Wpływ robotyki i mechatroniki na pracę człowieka w XXI w. można sprowadzić do zagadnienia zastępowalności człowieka przez urządzenia robotyczne i mechatroniczne. Jeśli wiemy, w jaki sposób robotyka i mechatronika jest w stanie wpływać na życie codzienne, to możemy to wpływanie uczynić świadomym. Ten, kto chociażby pobieżnie wie, jak funkcjonują systemy robotyczne i mechatro-

² H.-J. Warnecke, *Rewolucja kultury przedsiębiorstwa. Przedsiębiorstwo fraktalne*, Warszawa 1999.

³ M. Gawrysiak, *Analiza systemowa urządzenia mechatronicznego*, Białystok 2003 (w całości na www.pcb.biaman.pl).

niczne, kto zna funkcje i struktury urządzeń robotycznych i mechatronicznych, nie czuje się dalej bezsilny wobec władzy, którą się dotychczas posługiwał, nie pojmując jej. I kto zrozumie, że każdy rozwój techniczny wywodzi się z rozwoju człowieka, ten pomyśli o tym, jak rozwój techniczny można kształtować z punktu widzenia pracy ludzkiej.

Nowy podział pracy

Jeszcze kilkanaście lat temu powszechne było przekonanie, że wszystkie zawody i zajęcia będą opanowane przez komputery. Technika rzeczywiście zmieniła oblicze pracy, ale nie w taki sposób, jaki często przepowiadano. W roku 2004 dwaj amerykańscy ekonomiści, F. Levy i R.J. Murnane, opublikowali książkę pod znamienym tytułem *The New Division of Labor (Nowy podział pracy)* i podtytułem *How Computers are Creating the Next Job Market (Jak komputery tworzą nowy rynek zawodowy)*. Autorzy pokazują, jak komputery zmieniają krajobraz zatrudnienia. Opisują zawody, które prawdopodobnie się pojawią i te, które znikną. Rozważają, jaki to ma i będzie miało wpływ na społeczeństwo i jaka edukacja może ułatwić ludziom przejście do nowego rynku pracy.

Książka jest prowokacyjna. Opisuje ludzi podczas pracy – doradcę finansowego, przedstawiciela serwisowego, parę szefów odnoszących sukces, kardiologa, mechanika samochodowego, pisarza francuskiego Victora Hugo, pośredników w handlu mieszkaniami w Londynie. Autorzy spletają te opowieści z wiedzą kognitywistyczną, informatyczną i ekonomiczną. Czynią to, aby pokazać, jak komputery zwiększają produktywność wielu prac, a nawet jak pewne prace (czynności, zajęcia, zawody) eliminują. Eliminacja ta odbywa się albo bezpośrednio, albo przez „odesłanie” pracy w miejsce, gdzie jest tańsza (*offshore*). Najbardziej zagrożone eliminacją są czynności, które dają się opisać stałymi, precyzyjnymi regułami, bo takie czynności można zaprogramować i przekazać komputerowi. Stanowią one główną treść pracy w tradycyjnych zawodach urzędniczych, wymagających średniego poziomu kwalifikacji. Stopniowy ubytek tego rodzaju zajęć powoduje rosnącą przepaść między tymi, którzy mogą, a tymi, którzy nie mogą żyć dostatnio w skomputeryzowanej gospodarce. Brak reakcji na taką sytuację może być zagrożeniem dla instytucji demokratycznych.

Książka próbuje odpowiedzieć na cztery podstawowe pytania: (1) Jakiego rodzaju zadań ludzie lepiej wykonują od komputerów? (2) Jakiego rodzaju zadań komputery lepiej wykonują od ludzi? (3) Jaka dobrze płatna praca pozostaje dla ludzi (teraz i w przyszłości) w coraz bardziej skomputeryzowanym świecie? (4) Jak ludzie mogą nauczyć się umiejętności potrzebnych do wykonywania takiej pracy?

Przyjrzymy się odpowiedziom na tego rodzaju pytania, jakich udzielają autorzy książki. Zaczniemy od powodów, dla których komputery dość radykalnie zmieniają pracę człowieka.

Dlaczego komputery zmieniają pracę człowieka?

Gdy dziś zastanawiamy się nad wpływem techniki na potrzebę kwalifikacji pracownika, to zwykle myślimy o komputerach i umiejętnościach z nimi związanych. Ale dobrze jest pamiętać o tym, jak to było wcześniej. Gdy dawno temu człowiek zbyt małą energię swoich mięśni zastąpił energią mięśni zwierząt, to zmiana ta faworyzowała kwalifikacje. Przykładem może być pług konny, do którego obsługi trzeba je mieć. Kolejne zmiany – zastąpienie energii zwierząt energią maszyn (silnikiem parowym, spalinowym, elektrycznym) – też faworyzowały kwalifikacje pracowników. Ale zmiana polegająca na zastąpieniu ręcznej, powtarzalnej pracy człowieka pracą maszyn (system fabryczny, produkcja masowa) faworyzowała raczej brak kwalifikacji.

Gdy nastał czas „rewolucji” komputerowej, od razu pojawiły się głosy, że komputeryzacja oczywiście faworyzuje kwalifikacje. Dowodem były szybko komputeryzujące się sektory gospodarki i szybki wzrost kształcenia na poziomie wyższym. Prace ekonomistów z przełomu lat 80. i 90. XX w. jednoznacznie wskazywały, że komputery są źródłem zmian technicznych, które wyraźnie faworyzują kwalifikacje pracowników. Zapowiadano ciągły wzrost popytu na kwalifikacje, spadek popytu na pracowników niewykwalifikowanych i duży wzrost popytu na kwalifikacje wysokie. Nie wszystkie z tych zapowiedzi się spełniły. Rodzą się pytania: Dlaczego komputery to spowodowały? Co czynią komputery – albo co ludzie czynią z komputerami – że rośnie potrzeba robotników wykształconych? Jak komputeryzacja wpływa na potrzebę (popyt) kwalifikacji?

Rewolucja przemysłowa wysunęła do przodu pracowników nisko kwalifikowanych, a zepchnęła w cień pracowników o kwalifikacjach wysokich, jak tkacze i zegarmistrze. Dziś powszechnie uważa się, że ma miejsce sytuacja odwrotna. Ale nie jest tak do końca. Skomputeryzowana praca tworzy zarówno zajęcia wymagające umiejętności wysokich, jak i niskich. Pewnym wyjątkiem są zajęcia wymagające umiejętności średnich. Są one dziś najbardziej zagrożone. Aby to zrozumieć, musimy sobie uświadomić pewną właściwość komputerów. Otóż nadają się one bardzo dobrze do zadań, które można przedstawić jako serię stałych, precyzyjnych reguł logicznych. Przykładem takiego zadania może być samoobsługowe stanowisko do odprawy pasażerów na lotnisku. Odprawa, jako seria precyzyjnych reguł logicznych, składa się z następujących etapów (poleceń):

1. Zidentyfikuj pasażera przez odczytanie numeru rachunku na jego karcie kredytowej
2. Czy numer na karcie kredytowej zgadza się z rezerwacją w bazie danych (tak/nie)?
 Jeśli nie – odrzuć zapytanie
 Jeśli tak – czy pasażer ma przypisany numer fotelu w bazie danych (tak/nie?)
 Jeśli nie – pokaż fotele dostępne

Jeśli tak – odrzuć zapytanie
Jeśli nie – zakończ transakcję
... i tak dalej.

Taka, oparta na regułach, powtarzalna praca występuje najczęściej w czynnościach urzędniczych (praca biurowa) oraz w pracy przy taśmie montażowej. Zadania tego rodzaju znikają też z innego powodu. Zdolność do opisanego zadania w regułach czyni je bowiem łatwiejszym do przeniesienia do krajów, gdzie niższe są koszty pracy.

Są jednak prace, które nie dają się przedstawić za pomocą stałych i precyzyjnych reguł logicznych. Można wyróżnić trzy główne typy takich prac:

1. Identyfikowanie i rozwiązywanie nowych problemów – gdy problem jest nowy, to nie ma żadnej, opartej na regułach, podstawy do programowania komputera.
2. Wejście w złożoną komunikację (werbalną i niewerbalną) z innymi ludźmi w zajęciach jak kierowanie, negocjowanie, nauczanie czy sprzedawanie.
3. Wiele „prostych” zadań fizycznych, jakie charakteryzują pracę kelenera, ochroniarza, opiekuna osoby niepełnosprawnej czy inne zajęcia usługowe (serwisowe). Na przykład wkroczenie w nieznaną pomieszczenie i uświadomienie sobie tego, co widzimy, jest dla człowieka trywialne, ale bardzo trudne do zaprogramowania na komputerze.

Jakie zadania „lubi” komputer i sterowane nim maszyny?

Podczas szukania odpowiedzi tak postawione pytanie warto sięgnąć do przykładu maszyny powszechnie uważanej za źródło komputera. Chodzi o automatyczne krosno Jacquarda (1752-1834) z roku 1805. Była to pierwsza maszyna automatyczna do wywarzania tkanin wielowarstwowych o złożonych wzorach, zwanych do dziś tkaninami żakardowymi. Wytwarzanie takiej tkaniny było sterowane przez program, zapisany w postaci odpowiedniego układu otworów (dziurek) na tak zwanych kartach dziurkowanych.

Z perspektywy dwustu lat krosno Jacquarda jest procesorem symboli, który działa – podobnie jak dzisiejsze komputery cyfrowe – na podstawie abstrakcyjnej, binarnej reprezentacji informacji. Dziurki, bądź ich brak, reprezentują stany binarne. Działanie krosna żakardowego jest też przykładem działań deterministycznych, które są wyspecyfikowane przez jasne procedury (programy). Krosno Jacquarda po raz pierwszy elastycznie wiązało maszynę (*hardware*, sprzęt) z komputacją symboli (*software*, oprogramowanie). „Elastycznie” oznacza tu możliwość szybkiej zmiany rodzaju komputacji, i przez to końcowego produktu maszyny, bez konieczności zamiany maszyny na inną. W tym sensie komputery i sterowane nimi maszyny, a więc praktycznie wszystkie nowoczesne urządzenia techniczne, są „potomkami” krosna Jacquarda.

Szacuje się, że od czasu powstania krosna Jacquarda, a więc w ciągu ostatnich 200 lat, koszt komputacji (przetwarzania danych) zmniejszył się ponad miliard, a nawet bilion razy. Szybkie, powtarzalne wykonanie zapisanych instrukcji stało się bardzo, bardzo tanie. Jak ten ogromny spadek wpływa dziś na zadania stawiane maszynom i pracownikom?

Komputery mogą wykonywać tylko zadania, które dają się opisać stałymi i precyzyjnymi regułami, czyli tzw. zadania rutynowe. Zadania nie możemy skomputeryzować dopóty, dopóki nie znamy jego reguł. Musi istnieć jednoznacznie wyspecyfikowana procedura wykonania zadania. Dla ogromnej liczby zadań tradycyjnie rozumianej pracy daje się to zrobić. Poddają się temu przede wszystkim tradycyjne zadania urzędnicze (sortowanie, wypełnianie, magazynowanie, kopiowanie, obliczanie) i sterownicze (monitorowanie, mierzenie, kontrolowanie, nastawianie). Przykłady: arkusze kalkulacyjne zastępują księgowych, a skanery rogiatki na autostradach. Ale uwaga! To, co jest rutynowe dla człowieka, nie musi być rutynowe dla komputera, i odwrotnie. Dodanie kolumny tysiąca liczb jest zadaniem rutynowym dla komputera, a nie dla człowieka.

Jakie zadania są łatwe dla człowieka, a trudne dla komputera?

Zadaniami łatwymi dla człowieka, a trudnymi dla komputera są zadania codzienne, których procedury nie dają się zrozumieć jednoznacznie. Stawianie hipotez, przekonujące argumentowanie, kierowanie ciężarówką w ruchu miejskim, ochranianie banku czy rozpoznawanie twarzy na zdjęciu należą do takich zadań. Dzieje się tak z wielu powodów. Zwykle więcej wiemy, niż możemy powiedzieć. Umiejętności kierowcy nie można zastąpić znajomością teorii samochodu. Wiedza, jaką mamy o własnym ciele, różni się od wiedzy, jaką mamy o jego fizjologii.

Istota inteligencji z komputacyjnego punktu widzenia jest trudna do zrozumienia i opisanie. Programy komputerowe do rozumienia (tłumaczenia) tekstu nadal mają niewiele wspólnego ze zdrowym rozsądkiem. Przekładają tylko zdania proste, nie radzą sobie z idiomami, metaforami, złożoną, barwną składnią czy wyrażeniami niegramatycznymi.

Komputery nie „lubią” zadań nierutynowych. Są to zadania, gdzie nie znamy reguł. Istnieją dwie kategorie takich zadań: abstrakcyjne i manualne. Zadania abstrakcyjne wymagają giętkości umysłu lub rozumowania abstrakcyjnego; dotyczą rozwiązywania nowych problemów, stawiania i testowanie hipotez. Rozwiązywanie takich zadań przynosi sukcesy w trudnych sytuacjach menedżerskich. Zadania manualne wymagają adaptacji do środowiska lub społeczności. Chodzi o takie sytuacje, jak jazda samochodem w ruchu miejskim, rozmowa (szczególnie w języku obcym), podawanie posiłku w restauracji czy sprzątanie pokoju. Nierutynowe zadania manualne deleguje się zwykle do pracowników i silnie wspomaga

komputerem. Przykładem może być magazyn, w którym pracownik pełni głównie funkcje rąk i oczu. Jego zadania można przedstawić następująco: (1) idź do pojemnika, (2) weź przedmiot, (3) zeskanuj przedmiot, aby komputer mógł zweryfikować poprawne pobranie. Zadania komputera zaś tak: (1) pokaż najszybszą drogę do przedmiotu, (2) skieruj pracownika do pojemników, półek, (3) zarządzaj zapasami, (4) jeśli komputer zapyta, policz ile przedmiotów zostało w pojemniku i powiedz do mikrofonu komputera.

Każda praca człowieka zawiera w sobie kognitywne przetwarzanie informacji. Jednak tylko niektóre rodzaje tego przetwarzania (w tym szczególnie wnioskowanie logiczne) można łatwo i tanio komputować, czyli kodować jako algorytmy komputerowe. Na przykład dotykowe rozpoznawanie wzorców, wykonywane przez nawet najniższego opłacanego pracownika w usługach, pozostaje niekomputowalne. Przykładem nierutynowego zadania kognitywnego jest wyszukiwanie informacji w Internecie. Podobnie jest ze złożonymi zadaniami komunikacyjnymi, takimi, jakie rozwiązują sprzedawcy i nauczyciele. Zadania te pozostają poza zasięgiem komputera. I na koniec zadania, które wymagają nowego podejścia do rozwiązywania problemów, w którym rozwiązanie ma charakter otwarty. Zarezerwowane są one dla kreatywności ludzkiej. Ale dowolne zadanie, które może być rozłożone na dyskretną i skończoną liczbę etapów i „reguł”, jest potencjalnie komputowane. Chodzi tu przede wszystkim o wnioskowanie logiczne. Dlatego zajęcia zawierające w całości lub po części takie zadania będą tym szybciej eliminowane ze sfery pracy, im bardziej będzie spadać koszt komputacji. I to, co jest bardzo istotne: zadanie raz skomputeryzowane jest bardzo łatwe do szybkiego powtórzenia gdzie indziej. W ten sposób tworzy ogromną konkurencję, szybko penetruje całe przemysły i zajęcia.

Model komputeryzacji zadań pracy

Katz i Karney⁴ zaproponowali prosty model komputeryzacji zadań zawodowych. Ujmuje on trzy kategorie zadań (rys. 1): (1) rutynowe – księgowanie, praca urzędnicza, produkcja powtarzalna, (2) abstrakcyjne – rozwiązywanie problemów, koordynacja, management, oraz (3) manualne – kierowcy ciężarówek, sprzętacze, kelnerzy, pracownicy budowlani. Z grubsza kategorie te odpowiadają średnim, wysokim i niskim kwalifikacjom.

U podstaw modelu leżą cztery założenia: (1) Komputery zastępują (substytucja) pracę człowieka w zadaniach rutynowych (kognitywnych i manualnych); (2) Zadania rutynowe uzupełniają (komplementarność) zadania abstrakcyjne; (3) Większości nierutynowych zadań manualnych nie można w prosty sposób

⁴ Katz, Kearney, *The Polarization of the US Labor Market*, 2006. Materiał z Internetu.

zastąpić komputerem; (4) Zdolność (skłonność) pracowników do podjęcia zadania zależy od edukacji. Absolwenci studiów wybierają zwykle zadania abstrakcyjne, zaś absolwenci szkół średnich – rutynowe i manualne.

	Zadania rutynowe	Zadania abstrakcyjne	Zadania manualne
Opis zadania	stosowanie reguł, procedur, powtarzanie	rozwiązywanie problemu	dopasowanie do środowiska i/lub osób
Przykład zajęcia	księgowy, pracownik przy taśmie	naukowiec, adwokat, menedżer, lekarz	kierowca, strażnik, kelner, pokojówka
Potencjał komputeracyzacji	bezpośrednie zastąpienie (substytucja)	silne uzupełnienie (komplementacja)	ograniczone uzupełnienie lub zastąpienie

Rys. 1. Podział zadań pracy z punktu widzenia potencjału ich komputeryzacji

Przydatność modelu wynika z ogromnego spadku cen komputacji w ostatnich dekadach. Chodzi o duży spadek cen komputerów przy jednocześnie ogromnym wzroście ich mocy obliczeniowej. „Kapitał komputerowy” jest dostarczany elastycznie do zadań rutynowych po cenie, która spada w tempie niespotykanym dotąd w rozwoju techniki. Ponieważ zadania manualne i rutynowe uzupełniają się (są komplementarne), wzrost wkładu rutynowego powoduje marginalny wzrost produktywności zadania manualnego. Spadek ceny komputerów powoduje spadek płac i pracowników manualnych, i pracowników rutynowych. Rośnie jednak stosunek wysokości płac pracowników „manualnych” do płac pracowników „rutynowych”. Skutki bezpośrednie: (1) komputeryzacja zastępuje zadania rutynowe wymagające kwalifikacji średnich, (2) obniża płace w zawodach wymagających kwalifikacji średnich oraz (3) podnosi płace w zawodach wymagających kwalifikacji wysokich. Skutek pośredni: różny (ambiwalentny) wpływ na płace w zawodach niewymagających kwalifikacji. Powody tego ostatniego są dwa: (1) rosnąca komplementarność komputera w zawodach niewymagających wyższych kwalifikacji oraz (2) powstanie nowych miejsc pracy dla pracowników przemieszczonych z zawodów „rutynowych”. Optymistyczne może być to, że dalszy spadek cen komputerów spowoduje w końcu prawdopodobnie zastąpienie wszystkich czynności rutynowych kapitałem, przez co nastąpi wzrost płac zarówno w zadaniach manualnych, jak i abstrakcyjnych.

Model ten jest spójny z obserwowanym zjawiskiem „polaryzacji” zadań pracy na zadania abstrakcyjne i manualne. Polaryzacja taka powoduje „wyludnienie” zadań pracy, które wymagają kwalifikacji średnich. Wzrasta popyt na pracę analityczną i menedżerską (naukowcy, inżynierowie, adwokaci, dyrektorzy wykonawczy, ekonomiści?) oraz na pracowników w usługach (strażnicy, kierowcy, ochmistrze, gospodarze domu, opiekunowie, kelnerzy, sprzedawcy). Spada popyt na pracowników o kwalifikacja średnich, jak sekretarki, księgowi, referenci, kasjerzy, recepcjoniści telefoniczni. Wniosek: Obserwujemy wzrost popytu na zajęcia „piękne i paskudne” („*lovely and lousy*” jobs).

Jakie wyzwania edukacyjne niesie komputeryzacja pracy?

Komputery są wyśmienite w zadaniach, które mogą być zredukowane do zastosowania zbioru reguł „jeśli X, to czyn Y”, ale niezbyt radzą sobie z zadaniami bardziej złożonymi, „to przypomina mi sytuację, gdy...”. Tym można wytłumaczyć, dlaczego komputeryzacja nie doprowadziła do masowego bezrobocia, jak wcześniej się obawiano, lecz do wzrostu popytu na pracowników zdolnych do rozwiązywania zadań nierutynowych. Jest to zarazem ogromne wyzwanie dla edukacji. Chodzi oczywiście o edukację sprzyjającą tego rodzaju umiejętnościom – edukację ogólną, a nie klasycznie rozumianą zawodową.

Rozpoznanie i uświadomienie nowego podziału pracy jest wyzwaniem dla edukacji. Levy i Murnane⁵ uważają, że przyszłość należy do ludzi, którzy są dobrzy w dwu umiejętnościach: (1) w rozwiązywaniu problemów, dla których nie ma stałych precyzyjnych rozwiązań, oraz (2) w złożonym komunikowaniu się. To ostatnie polega na interakcji z ludźmi w celu zdobycia informacji, rozumienia jej i przedstawiania innym jej skutków dla działania.

W wielu przypadkach praca skomputeryzowana oznacza bezpośrednie zastąpienie pracy ludzkiej algorytmem komputerowym. Jest to klasyczne obniżenie umiejętności (*deskilling*). W bardzo wielu jednak oznacza podniesienie wartości pracy człowieka przez interaktywne oprogramowanie. Jest to klasyczne podwyższenie umiejętności (*upskilling*).

Ważne jest upowszechnienie wiedzy o tym, jakiego rodzaju zadania pracy faworyzują komputer i sterowane nim maszyny. Chodzi o to, aby pracownicy mogli przyjrzeć się swoim dotychczasowym zawodom i zajęciom z punktu widzenia ich zanikania lub poszerzania przez komputery. Edukacja jest tu kluczową zmienną interwencyjną. Levy i Murnane⁶ twierdzą, że szybka zmiana zawodu podnosi wartość umiejętności werbalnych i ilościowych (*verbal and quantitative literacy*), bo

⁵ R.J. Murnane, F. Levy, *The New Division of Labor*, 2004. Materiał z Internetu.

⁶ Ibidem.

czytanie i umiejętności matematyczne są umiejętnościami koniecznymi (*enabling skills*), ale niewystarczającymi dla sukcesu ekonomicznego, szczególnie w ekonomice coraz bardziej opartej na informacji. Dlatego tym, którzy podczas wchodzenia w rynek pracy mają okazję szlifować te „enabling skills” (np. absolwentom studiów I stopnia), powinno powodzić się lepiej niż innym bez „enabling skills” (np. absolwentom szkół średnich).

Wyzwanie, jakie niesie komputeryzacja, nie polega na konkurowaniu z malejącą liczbą zawodów, ale raczej na odpowiedzi na zmieniającą się strukturę zajęć (*mix of jobs*). Najmniej bezpieczni są ci, którzy całe swoje dotychczasowe życie zawodowe zbudowali na wykonywaniu tego samego, powtarzalnego zadania. Bezpieczniejsi są ci, którzy wiedzą, jak uczyć się szybko nowego materiału i jak komunikować się skutecznie z innymi ludźmi.

We wcześniejszej książce *Teaching the New Basic Skills (Nauczanie nowych umiejętności podstawowych)*, o podtytule *Principles for Educating Children to Thrive in a Changing Economy (Zasady kształcenia dzieci do skutecznego radzenia sobie w zmieniającej się gospodarce)* Murnane i Levy⁷ zaproponowali następujące nowe umiejętności podstawowe:

- Umiejętność czytania i umiejętności matematyczne na poziomie dziewiątym (amer. *ninth-grad level*)
- Umiejętności rozwiązywania częściowo ustrukturyzowanych (*semi-structured*) problemów, gdzie trzeba formułować i testować hipotezy
- Umiejętność pracy w grupach z osobami o różnych poziomach wiedzy i umiejętności
- Umiejętność skutecznego komunikowania, w mowie i piśmie
- Umiejętność użytkowania komputerów do wykonywania prostych zadań, jak przetwarzanie tekstu.

Takie mocne umiejętności podstawowe będą sprzyjać sukcesom w studiowaniu na atrakcyjnych kierunkach studiów i znajdowaniu pracy w sektorach o wysokiej płacy. Brak tych umiejętności będzie powodować „relegowanie” do sektora zajęć usługowych, gdzie często nie płaci się wystarczająco dużo, aby utrzymać rodzinę.

Jak nauczyliśmy się i jak uczymy się dziś – homo sapiens i homo zappiens

Tradycyjne nauczanie staje się coraz mniej skuteczne. Nie bez wpływu pozostaje tu ogromne upowszechnienie mediów elektronicznych i komputerowych. Ingerują one nieświadomie w nasze podejście do uczenia się. Wytwarzają nową

⁷ R.J. Murnane, F. Levy, *Teaching the New Basic Skills*, 1996. Materiał znaleziony w Internecie.

generację uczniów – generację mediów. Dlatego warto przyjrzeć się temu, jak uczyliśmy się jeszcze do niedawna i jak uczy się dziś. Na czym polega ten nowy sposób uczenia się i jak sobie z nim poradzić w nauczaniu⁸.

Jak uczyliśmy się? Słuchaliśmy nauczycieli, czytaliśmy książki, odrabialiśmy zadania domowe. Odpowiadaliśmy na pytania, powtarzaliśmy na lekcjach, ćwiczyliśmy praktycznie. Nasza praca była oceniana; zdawaliśmy lub nie. Skutek – stawaliśmy się ludźmi z wiedzą.

Jak uczymy się dziś? Szukamy i przeszukujemy (skanujemy). Kontaktujemy się z ekspertami lub kolegami. Oglądamy, przeglądamy, przeskakujemy („zapujemy”), „czatujemy”. Planujemy i działamy. Ściągamy pliki i ładujemy je; kopiujemy i wklejamy. Produkujemy, tworzymy i projektujemy; prezentujemy wyniki, tworzymy portfolio; dyskutujemy i debatujemy; aplikujemy i rozpowszechniamy. Uczymy się autonomicznie, konstruktywistycznie, konektywistycznie, kontekstualnie, społecznie, organizacyjnie, globalnie. Skutek – stajemy się (próbujemy być?) kompetentni.

Czym jest generacja mediów (e-generacja)? Jest to generacja pilota, telefonu komórkowego i MP3. Używa tych urządzeń od wczesnego dzieciństwa. Zabawia się grami na play stations i w Internecie; komunikuje za pomocą SMS-ów, MSN-ów i czatów. Ma wirtualnych przyjaciół i nie myśli o technice. W sieci umawia się na spotkania. Wysyła e-cards zawierające tekst, muzykę, głos i obrazy. Wynajduje gry bez zwycięzców i przegranych, bez jasnego początku czy końca. Tworzy własne zasady i zmienia je, kiedy chce.

Generacja ta nie umie słuchać i rusza się w ławce przez cały czas. Nie może słuchać dłużej niż 5 minut. Trudno się jej skoncentrować na jednej rzeczy przez dłuższy czas. Nauczyciele narzekają, że generacja ta zachowuje się nadaktywnie, nie wykazuje żadnej dyscypliny, żadnego szacunku. Uczenie się jest dla niej grą i zabawą; szkoła – miejscem spotkań; nauczyciel – partnerem. Typowego przedstawiciela generacji mediów można określić jako „homo zappiens”, parafrazując tradycyjne określenie „homo sapiens”⁹. Homo sapiens myśli, zaś homo zappiens „zapuje” (przeskakuje z kanału na kanał w telewizorze, kasuje, uderza i zabija w grze komputerowej itp.).

Jak w szkole sobie poradzić z generacją mediów? Czy uparcie wymagać tradycyjnych powinności, zgodnie z oczekiwaniami rodziców i nauczycieli? A może przyjrzeć się, dlaczego ta generacja jest inna? Czy ta inność ma tylko cechy negatywne? Może należy dostrzec cechy pozytywne w tej inności i wykorzystać je w dydaktyce?

⁸ N.N., *Knowledge productivity. Turning the work-environment of Teachers into a Learning Environment*, PLATO Universiteit Leiden, 2006. Plik ppt znaleziony w Internecie.

⁹ W. Veen, *Homo Zappiens. Learning and Teaching in Future Education. Netlearning*, Ronneby, May 2006. Plik znaleziony w Internecie.

Przyjrzyjmy się więc bliżej cechom (nie tylko negatywnym) tej generacji. Przede wszystkim widzimy nieregularność – umiejętność poszukiwania znaczenia (rozumienia) z nieregularnych kawałków informacji. Gdy strumień informacji rośnie poza wyobraźnię, to nieregularna informacja staje się regułą. Homo zappiens rozwija umiejętność koncentracji szerokiej, a nie długiej. Aktywnie przetwarza informację i szuka jej struktury, a więc rozwija umiejętności metakognitywne. O ważności informacji decyduje na podstawie stałej bazy. Umie robić wiele rzeczy na raz (czatować, słuchać muzyki, telefonować). Przypomina w tym komputer (wielozadaniowość). Umie przeczesywać (skanować) informacje wzrokowe, dźwiękowe i tekstowe, używając różnych części mózgu. Robi to zwykle przez integralne skanowanie ekranu. Używa podejścia holistycznego, zamiast analitycznego i liniowego. Często celebrytuje indywidualność, dziwaczną, niespójność i otwartość.

Cechy te sprzyjają aktywnym procesom uczenia się. Uczymy się przecież przez odniesienie (refleksję) do naszego doświadczenia, tworząc mapy i modele mentalne. Nasze mózgi są sieciami neuronowymi i działają jak złożone systemy (adaptacja, nieliniowość, samoorganizacja). Nasze uczenie wspierane jest przez konfrontacje i wyzwania. Szczególnie przez konfrontacje ze złożonymi, interaktywnymi doświadczeniami i treściami o charakterze wyzwań. Ważny jest przy tym autentyczny kontekst i motywacja. Skutkiem jest silne uwewnętrznienie informacji, przetransformowanie jej w pełną sensu wiedzę. Można to nazwać konstruowaniem wiedzy przez refleksję z samym sobą i przez komunikację z innymi. W tym kontekście rola nauczania sprowadza się do ułatwiania uczącemu się (czynienia go zdatnym) bycia aktywnym, ułatwiania komunikowania, a więc konstruowania wiedzy.

Tradycyjna edukacja szkolna nie docenia ucznia typu „homo zappiens”. Nie rozpoznaje umiejętności tzw. młodzieży monitorowej (*screenagers' skills*). Umiejętności te rozwija się podczas skanowania ekranu komputera, zapowiana kanałami telewizyjnymi, czytania tekstów krzyżujących i przeplatających się. Przetwarza się przy tym ogromne ilości informacji. Szkoły będą wykorzystywać te nowe umiejętności uczenia się. Podobnie jak robią to nowoczesne przedsiębiorstwa przemysłowe. Szkoła nabierze podstawowych cech przedsiębiorstwa fraktalnego: elastyczności, autonomiczności i samoorganizacji. A więc: (1) uczniowie na zamówienie, jako klienci do obsłużenia przez proces uczenia się, (2) holistyczne uczenie się, (3) powszechność mediów elektronicznych i komputerowych. Uczenie się będzie polegać głównie na odkrywaniu przez zabawę. Takie podejście do nauczania to przede wszystkim elastyczność i autonomia. Elastyczność treści i modeli uczenia się; elastyczność celów i ocen; elastyczność czasu/planu; elastyczność społeczności uczącej się. Celem takiej edukacji będzie przygotowanie dla społeczeństwa kreatywnego, a nie przemy-

słowego. Wychodzi to naprzeciw cechom nowoczesnych przedsiębiorstw i cechom nowoczesnej edukacji zawodowej, której celem jest szeroko rozumiane zatrudnienie. Dlatego przybliżymy te cechy w ich edukacyjnym kontekście przez scharakteryzowanie dwóch paradygmatów dydaktycznych – komputacjonalistycznego i konstruktywistycznego.

Jaka jest najważniejsza cecha skomputeryzowanych przedsiębiorstw?

Nie dostarczanie informacji, lecz jej pobieranie. W zdecentralizowanych, autonomicznych strukturach, elektronicznie połączonych w sieć, korzystny jest inny rodzaj komunikowania się. Polega on nie tyle na *obcym dostarczaniu* informacji jej użytkownikowi, ile na *samodzielnym pobieraniu* informacji przez użytkownika. W ten sposób możliwe jest dostarczanie odpowiadające potrzeby, a nie sztywne dostarczanie ogromnych porcji informacji, z których tylko część jest wykorzystywana. To ostatnie prowadzi bowiem do znanego powszechnie potopu informacji. Przekładając na szkołę, oznacza to samodzielne pobieranie informacji przez ucznia, zamiast panującego powszechnie dostarczania mu jej przez nauczyciela.

Praca w takich przedsiębiorstwach wymaga innych kwalifikacji i kompetencji niż w scentralizowanych przedsiębiorstwach tradycyjnych. I dlatego inne powinny być cele dzisiejszej edukacji. Przedstawimy je poniżej w sposób alternatywny do celów powszechnie jeszcze realizowanych.

Jakie powinny być cechy dzisiejszej edukacji?

Nie intensyfikowanie przetwarzania informacji, lecz rozwijanie kreatywności. Edukowanie można potraktować jako system pracy i oceniać wyłącznie w sensie ekonomicznym (skuteczność i opłacalność). Organizację edukacji można wtedy oprzeć na koncepcji systemu technicznego i strukturze scentralizowanej. Skutkiem jest jednak duży wzrost intensywności nauczania-uczenia się przy (nieświadomym) pomijaniu psychofizycznych możliwości ucznia i nieliczeniu się z warunkami jego uczenia się. Prowadzi to do pogłębienia istniejącego jeszcze powszechnie taylorizmu edukacyjnego. Istota edukacji zostaje sprowadzona do czystego przetwarzania informacji.

W tym kontekście coraz ważniejsza staje się ocena z punktu widzenia wspierania rozwoju kreatywności i osobowości uczniów. Do projektowania takiego systemu edukacji wykorzystuje się wtedy koncepcję systemu socjotechnicznego o strukturze zdecentralizowanej, płaskiej; opartej na jednostce lub grupie. Jest to

cecha tzw. organizacji fraktalnej czy, w naszym przypadku, szkoły fraktalnej. W szkole takiej uczniowie nie są „pracownikami”, lecz aktywnie współwiedzą, współmyślą, współtworzą, współdecydują i współodpowiadają.

Nie przekazywanie (dostarczanie) wiedzy obcej, lecz konstruowanie wiedzy własnej. W edukacji tradycyjnej dominuje przekaz wiedzy. Wiedza pojmowana jest jako informacja, która została zapamiętana i może być przywołana w celu odpowiedzi na pytanie. Rola nauczyciela sprowadza się do „zapisywania” informacji (faktów, pojęć, zasad itp.) w głowie ucznia i „przywoływania” tej informacji podczas sprawdzianu ustnego lub pisemnego. Mało miejsca zajmuje rozwijanie u uczniów zdolności poznawania i rozumienia – kreatywnego używania pojęć i zasad w odpowiadaniu na pytania, w wyjaśnianiu, w korygowaniu błędów, w projektowaniu, w rozwiązywaniu problemów itp. Skutek: uczniów traktuje się jak komputery, a właściwie jeszcze gorzej – jak niezapisane dyski. Celem nauczania, trzymając się tej metafory komputerowej, staje się zapisanie dysku „głowa ucznia”, a nie wykształcenie programu operacyjnego samoprogramującego mikroprocesor „umysł ucznia”; zapełnienie szuflad, a nie umiejętność kojarzenia tego, co w szufladach; wiedza faktów, a nie wiedza metod, procedur i kontekstów. Jest to wynikiem komputacjonalistycznego podejścia do edukacji.

Nie komputacjonalizm, lecz konstruktywizm i konekcyjonizm. W nauce powszechnie panuje dziś paradygmat komputacjonalistyczny. Nie tylko w naukach technicznych, ale także w psychologii poznawczej. Komputacjonalistyczna teoria umysłu służy nie tylko badaniu procesów myślowych człowieka, ale także tworzeniu maszyn „inteligentnych” (np. nowoczesnych robotów autonomicznych), gdzie problemy „dydaktyczne” (nauczanie maszyn) nabierają coraz większego znaczenia. Pojęcie sztucznej inteligencji stało się tu pojęciem kluczowym.

Mózg ludzki nie jest jednak komputerem; nie jest „systemem przetwarzania danych”. Przykładem może być język. Do „danych”, których mózg nie przerabia, lecz szybko zapomina, należy składnia wyrażenia (tak bardzo istotna w programach komputerowych). Gdy, na przykład, osoby badane prosi się o odtworzenie tego, co ktoś powiedział lub napisał, to odtwarzane jest zawsze tylko znaczenie zapamiętanego wyrażenia, nie zaś, albo ekstremalnie rzadko, jego składnia. To, co mózg odczuwa, stanowi ułamek tego, co potrafi wyprodukować w postaci języka.

Czysto komputacjonalistyczne podejście nie opisuje w pełni procesów poznawania. Ogranicza się do operowania przedstawieniami (reprezentacjami). Alternatywą może być konstruktywistyczne podejście do poznania, zakorzenione w elementarnych organizmach żywych. Prowadzi ono do radykalnie nowego rozumienia zjawisk takich jak poznanie, komunikacja, reprezentacja, działanie intencjonalne i język. Dlatego nowoczesna edukacja powinna mieć charakter konstruktywistyczny, a nie komputacjonalistyczny. Dydaktyka komputacjo-

nalistyczna jest skuteczna w przypadku maszyny (i to nie zawsze), ale nie w przypadku człowieka.

Konstruktywizm wychodzi z założenia, że podmiot poznający nie odzwierciedla rzeczywistości pasywnie, lecz że tylko aktywnie może ją dla siebie konstruować. Oznacza to, że przedmioty otoczenia muszą być przez podmiot „odczuwane”, „ujmowane”, „przeżywane” i integrowane w już istniejącej strukturze wiedzy. Z konstruktywistycznego punktu widzenia wiedza nie może być „przekazywana” przez instrukcje lub media; ten, kto się jej uczy, musi ją aktywnie wiązać z własnymi modelami mentalnymi i konstruktami rzeczywistości.

Wybór między komputacjonalizmem a konstruktywizmem nie sprowadza się do wyboru między zdolnościami poznawczymi człowieka (wysokopoziomowe lub niskopoziomowe). Sprowadza się do problemu obiektywizmu. Komputacjonalizm jest bowiem z natury obiektywistyczny, zaś konstruktywizm nieobiektywistyczny. Ma to duże znaczenie dla projektowania systemów edukacyjnych. Edukacja komputacjonalistyczna odwołuje się do wysokopoziomowej zdolności poznawczej człowieka. Jej zaletą jest natychmiastowa skuteczność operacyjna w zastosowaniach takich jak sztuczna inteligencja i systemy ekspertowe. Ta zaleta ma jednak swoją cenę. Jest nią „obiektywizm”, czyli brak jakiegokolwiek odniesienia do podmiotu poznającego. Edukacja konstruktywistyczna rozumie wysokopoziomową zdolność poznawczą człowieka inaczej – odnosi ją do kognicji biologicznej i do autonomiczności organizmów żywych.

Podjęcie nie inżynierskie, lecz biologiczne. Podejźmy do projektowania systemów edukacyjnych z czysto inżynierskiego punktu widzenia. Obiektywizm jest wtedy nie tylko do przyjęcia, ale byłby nawet preferowany (por. tab. 1). Inżynier ma zwykle dobrze zdefiniowane wymagania i życzenia dotyczące projektowanej maszyny. Mają one charakter ograniczeń preskryptywnych (nakazowych). Dlatego słuszne jest przyjęcie podejścia komputacjonalistycznego (w szerokim sensie, włączając podsymboliczne sieci neuronowe i algorytmy genetyczne; przy warunku, że podlegają one wstępnie wyspecyfikowanym relacjom wejście-wyjście). W klasycznej perspektywie inżynierskiej stanowczo wymaga się, aby maszyna była heteronomiczna. Ostatnią rzeczą, jakiej inżynier chce w stosunku do maszyny, jest włożenie do jej „głowy” jakiejś rzeczy „mądrej”, ale nieprzewidywalnej, która może prowadzić do katastroficznych skutków dla niego samego. Jeżeli skonfrontujemy to z uczącym się człowiekiem, który jest sam z siebie autonomiczny, to dochodzimy do następującego wniosku: Podejście komputacjonalistyczne podczas projektowania systemu edukacyjnego redukuje ucznia do przedmiotu nauczania; do heteronomicznego statusu predyktywnej maszyny „wejście-wyjście”, na przykład przez doprowadzanie nauczanych podmiotów do odpowiedniego stanu zasobu wiedzy rutynowej (w sensie informacji) i rutynowych umiejętności.

Tabela 1. Porównanie podejścia komputacjonalistycznego z konstruktywistycznym

Punkt widzenia	Podejście komputacjonalistyczne („inżynierskie”)	Podejście konstruktywistyczne („biologiczne”)
Pojęcia kluczowe	model, algorytm, program, addytywność, przyczynowość liniowa, obiektywizm	wiabilność (możliwość, drożność, dopasowanie, funkcjonowanie), kontyngentyzm (zdarzeniowość, przypadkowość, nieplanowalność, wieloznaczność), samoorganizacja, synergia, sprzężenie zwrotne, subiektywizm
Postrzeganie (percepcja)	obiekty wiedzy są wstępnie definiowane, niezależnie od podmiotu postrzegającego	postrzegane „obiekty” percepcyjne są projekcjami kognitywnych działań podmiotu postrzegającego
Przedstawienie (reprezentacja)	symboliczne, składniowe (syntaktyczne), formalne	niesymboliczne, znaczeniowe (semiotyczne), odniesione do komunikacji
Uczenie się, pamięć, wiedza	odwzorowywanie tego, co jest dane; odkrywanie, pamiętanie, pamięć magazynowa, szkolenie, nauczanie, wiedza jako stan	kształtowanie tego, co jest własne; wynajdowanie, rozumienie, pamięć skojarzeniowa, uczenie się, wiedza jako proces
Poznanie (kognicja)	operowanie symbolami zgodnie z regułami jakiejś składni formalnej	powtarzające się własne procesy „doznawanie-działanie” w ograniczeniach wiabilności
Porozumiewane się (komunikacja)	przekazywanie (transmisja) informacji	sprzężenie między istotami kognitywnymi dające koordynację ich działań dla wzajemnej wiabilności
Język	kodowanie, transmitowanie i dekodowanie informacji	komunikacja o komunikacji (metakomunikacja)
Autonomia, heteronomia	heteronomia	autonomia
Ograniczenia	nakazowe (preskryptywne) <i>Co powinniśmy umieć?</i>	zakazowe (proskryptywne) <i>Czego nie powinniśmy robić?</i>

Wiabilność. To, co jest właściwe i usprawiedliwione z inżynierskiego punktu widzenia, staje się błędne i antyproduktywne z perspektywy biologicznej (i etycznej), w której szukamy naukowego rozumienia organizmów żywych jako bytów autonomicznych. W tym przypadku słuszne staje się podejście konstruktywis-

tyczne, gdzie jedynym ograniczeniem jest proskryptywne (zakazowe) ograniczenie tego, co nazywa się wiabilnością. Wiabilność (*viability*) jest kluczową kategorią konstruktywizmu. Etymologicznie daje się sprowadzić do łacińskiego *via* = droga i zinterpretować jako drożność, możliwość, a także dopasowanie, funkcjonowanie. Nasza wiedza jest wiabilna, gdy ułatwia nam orientację, uzasadnia nasze działanie i w ogóle umożliwia przeżycie¹⁰. Postrzeganie, poznanie czy wiedza są wiabilne wtedy, gdy „pasują” do nas i naszego otoczenia i ułatwiają osiągnięcie naszych celów.

Ważne jest przy tym rozróżnianie dwóch opisów zachowania: (1) finalnego opisu czynnika przez zewnętrznego obserwatora i (2) mechanicystycznego opisu tego, co ten czynnik robi „w swoich własnych kategoriach”. Biolodzy odnoszą sukcesy w traktowaniu żywych organizmów jako systemów złożonych wtedy, gdy radzą sobie z wartościowaniem obu tych opisów. Wydaje się to słuszne także w przypadku nauczycieli. Uważam, że istnieją dwie odmienne perspektywy w edukacji. Pierwszą z nich można nazwać podejściem „inżynierskim”, drugą – „biologicznym”. Oba podejścia są możliwe, ale sądzę, że biologiczne jest bardziej etyczne. W podejściu inżynierskim uczniowie są jednostkami heteronomicznymi, podobnie jak maszyny. W biologicznym zachowują autonomię jednostki. Podejście inżynierskie jest właściwie obiektywistyczne, podczas gdy biologiczne ma tylko wówczas sens, gdy jest konstruktywistyczne, a więc subiektywne.

Dochodzimy tu do ciekawego wniosku. Podejście konstruktywistyczne bardziej przypomina podejście biologiczne niż techniczne, choć z nazwy bliższe jest technicznemu. Ale, paradoksalnie, nowoczesna technika coraz skuteczniej sięga do wzorców biologicznych. Przykładem są urządzenia mechatroniczne, naśladujące sensomotorykę człowieka. Właściwie to oba podejścia – inżynierskie i biologiczne – można potraktować jako dwie strony tego samego medalu, zwanego projektowaniem systemów. W tym kontekście warto więc zrobić wycieczkę w drugą stronę (pierwszą jest dydaktyka) medalu zwanego „projektowanie systemów nauczania”. Tą drugą, mniej znaną stroną jest matetyka.

Wycieczka w matetykę

Koncepcja matetyki. Kształcenie nauczycieli zorientowane jest na dydaktykę i metodykę. O matetyce nie mówi się nic wprost. Powody są historyczne. Słowa tego używał już Platon. Oznaczało ono uczenie się – zarówno w sensie procesu, jak i nagłego poznania. Matetyka wywodzi się z greckiego czasownika *mathein* lub *manthanein*. Obie formy oznaczają „uczenie się”. *Mathein* wskazuje na nagłe poznanie, a *manthanein* na proces. Oba czasowniki oznaczają uczenie się

¹⁰ R. Arnold, H. Siebert, *Konstruktivistische Erwachsenenbildung*, Hohengehren 1997.

w sensie kształcenia¹¹. Koncepcja matetyki pochodzi od Komeńskiego (1592-1670). Dydaktyka i matetyka to u niego dwa przeciwne bieguny. Dydaktykę sprowadził do greckiego *didaskain* (czegoś nauczać). W ten sposób zdefiniował ją jako naukę o nauczaniu. W poznawaniu problemów procesu nauczania mówił też o *ars docendi* (sztuce nauczania). Obejmuje ona aspekty społeczne, które znajdujemy w potocznym pojęciu wychowania. Matetykę określił Komeński jako sztukę uczenia się. Odwołał się przy tym do problemów ucznia i mówił o *ars discendi* (sztuce uczenia się). Przez to dotknął wielowarstwowości kształcenia, którego realizacja nie jest prosta. Dla Marii Montessori (1870-1952) te dwie sztuki były podstawą projektowania środowiska, które umożliwi dziecku samosterowane uczenie się. Istotę matetyki w kontekście dydaktyczno-metodycznym jasno i ciekawie przedstawił Haupt¹²:

- Dydaktyka wiąże się ze słowem pytającym „co?”. Usiłuje ująć treści i ukierunkować je za pomocą wyrażenia „po co?”. Uzasadnia powody ich wyboru i cele, jakim mają służyć.
- Metodyka operuje słowem pytającym „jak?”. Próbuje znaleźć optymalną drogę pedagogiczną, która doprowadzi do osiągnięcia zdefiniowanych celów. Słowem „czym?” dotyka wyboru racjonalnych środków nauczania.
- Matetyka kieruje się emocjonalnym zaimkiem „kto?”. Jasno próbuje zdefiniować czynności nauczycieli i uczniów w procesie nauczania. Zaimek przysłówkowy „dlaczego?” ma również odcień emocjonalny i dotyka istotnie motywacji ucznia.

Czy matetyka jest potrzebna? Pedagogika zawsze zbytnio podkreślała racjonalną stronę naszego życia, a nie doceniała jego strony emocjonalnej (przeżywania). Komeński swoją „Wielką dydaktykę” widział jako swego rodzaju „maszynę do nauczania”, w której na pierwszym planie stoi zasada pogładowości (przystępności). Wyobrażał sobie dialektyczną sztukę nauczania/uczenia się (dydaktykę/matetykę) jako „pełną sztukę nauczania wszystkich wszystkiego”. W jej centrum stały cztery aspekty metodyczne: szybkość, radość, precyzyjność i hodowanie. Ich aktualność widać przez zastąpienie ich ważnymi pojęciami dzisiejszymi: skuteczność, motywacja, naukowość i odpowiedzialność.

W matetyce Komeńskiego wyczuwa się wiele z ducha psychologii rozwojowej. Treści matetyczne dają się dziś przypisać raczej psychologii pedagogicznej, neurodydaktyce czy neuropsychologii. Celem matetyki Komeńskiego jest uczenie się niezawodne, szybkie i przyjemne. Ma to być dążenie, aby coś wiedzieć lub szukać znajomości rzeczy. „Wiedzieć” znaczy ujmować coś umysłem w trzech

¹¹ P.O. Chott, *Was ist mathetisches Lehren?* (Vorlesung) 2002. Plik pdf znaleziony w Internecie.

¹² W. Haupt, *Mathetik der Naturwissenschaften*, Innsbruck 2003. Plik pdf znaleziony w Internecie.

etapach: (1) co to może być, (2) skąd to może być i (3) do czego to może być użyte. Współgrają z tym trzy etapy edukacyjne: (1) techniczny – uczyć się używać jakiejś rzeczy; (2) dydaktyczny – uczyć się nauczać tej rzeczy i (3) matetyczny – uczyć się uczyć tej rzeczy. Tak dzieje się z wprowadzaniem obiektów technicznych, np. komputera.

Matetyka nie jest więc żadnym nowym wynalazkiem. Aby ją zastosować, trzeba sobie tylko uświadomić, że: (1) uczeń ma priorytet przed rzeczą; (2) skuteczne nauczanie-uczenie się nie jest możliwe bez zajęcia się światem życia i światem myśli ucznia. Stąd duża rola nauczania ukierunkowanego na przeżywanie. Nauczania takiego nie należy jednak rozumieć jako show, w którego centrum stoi zabawiacz (*entertainer*). Chodzi raczej o ukierunkowanie nauczania na wszystkie emocje, jakimi człowiek dysponuje. Omawianie komputera zgodnie z podręcznikiem, w sposób suchy, wymaga przekazania uczniowi wiedzy na ten temat. Wzięcie notebooka do ręki, dotknięcie, uruchomienie i w końcu odtworzenie pliku MP3 może być trwałym przeżyciem i prowadzić do wykształcenia świadomości wartości tego urządzenia.

Matetyka a konstruktywizm. Dzisiejsza pedagogika podkreśla jednostronnie dydaktykę czy nawet metodykę. Pojęcie matetyki poszło prawie całkowicie w zapomnienie. W latach 80. XX w. ponownie „wynałaził” je Seymour Papert, matematyk i edukator, jeden z pionierów sztucznej inteligencji i konstruktywizmu. W latach 60. współpracował z Piagetem, który miał powiedzieć, że „nikt nie rozumie tak dobrze moich idei jak Papert”. Papert opracował środowisko uczenia się, które umożliwia użytkownikom praktykowanie matetyki. Mimo dużego sukcesu środowisko to nie zostało wintegrowane w codzienną praktykę szkolną. Przez stulecia zdanie należało do matematyków. Papert¹³ opisuje to następująco:

Matematycy byli tak przekonani, że ich uczenie się jest jedynie prawdziwym, że czuli się usprawiedliwieni w przywłaszczeniu tego słowa i prosperowali tak dobrze, że dominująca konotacja rdzenia „mate-” jest teraz tym kramem z liczbami, jakiego uczą w szkole.

Koresponduje z tym jednostronne zorientowanie dzisiejszej pedagogiki na dydaktykę i metodykę. Ciekawie i barwnie pisze o tym cytowany już wcześniej Haupt:

Wielu nauczycieli znajdowało i znajduje się nadal w pozycji *adwokata materiału*. Wyznają tak zwany *towarowy model* uczenia się. Taki *materiałowy punkt widzenia* jest *logotropowy*. Wyraża on powiązanie z nauką. Wyniki programu PISA pokazują jednak, że nauczanie jako miniatura (format kieszonkowy) nauki nie przynosi spodziewanych owoców.

¹³ S. Papert, *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*, HarperCollins 1993.

Dlatego w sensie określania celów nauczania proponuje się silniejszą orientację na *model architektoniczny*. Stawia on nauczyciela jako element porządkujący rozwój ucznia. Taki *osobowy punkt widzenia* jest *pedagogiczny*. W społeczny sposób stawia w centrum adresata w stosunku do przekazywanych treści.

Wiara w naukę i często osobista próżność nauczycieli spowodowały, że wykreowany przez Komeńskiego dualizm pedagogiczny popadł w zapomnienie. Wielu nauczycieli uważa, że najważniejsi są oni sami, potem stoi materiał, a dopiero na trzecim miejscu uczeń. W istocie nauczyciel pełni w znacznej mierze rolę misjonarza. A ten będzie skuteczny tylko wtedy, gdy dopasuje się do świata życia „niewiernych” i przemówi językiem, który rozumieją.

Matematyka jest dydaktyką subiektywną¹⁴. Zakłada że uczenie się jest samoorganizującym się procesem, podczas którego uczeń „konstruuje” własne „rzeczywistości”. Obecnie jest nauczanie techniczne – instrukcja. Ważna jest ustrukturowana, obszerna oferta dla ucznia, interakcja społeczna i swego rodzaju choreografia szkolnego uczenia się.

Podsumowanie

Pokazaliśmy, jak komputer i sterowane nim maszyny zmieniają klasyczne zadania pracy człowieka. Nie ograniczyliśmy się przy tym tylko do ukazania skutków tych zmian, ale też rozważyliśmy, dlaczego tak się dzieje i jakich nowych umiejętności to wymaga. Przeanalizowaliśmy stopień trudności zadań pracy z punktu widzenia komputera i punktu widzenia człowieka. Pozwoliło to sformułować nowe wyzwania edukacyjne, jakie niesie rosnąca komputeryzacja pracy.

Obecna era zmian technicznych jest niepodobna do poprzednich. Nie faworyzuje ani pracowników wykwalifikowanych, ani niewykwalifikowanych. Popyt na kwalifikacje polaryzuje się. Przyszłość pracy w krajach rozwiniętych to wiele zajęć wysoko kwalifikowanych i wiele nisko kwalifikowanych. Sprzyja temu globalizacja.

Zmieniają się spojrzenia na nauczanie i uczenie się. Od behawioryzmu – przez kognitywizm, konstruktywizm, konekcjonizm – do eklektyzmu, który był i jest chyba zawsze obecny. Regułą jest zmiana – stabilność wyjątkiem. W tak zmieniającym się świecie nauczyciel musi demonstrować raczej uczenie się, a nie „wiedzenie”. Wyzwaniem i szansą staje się matematyka – dydaktyka subiektywna, skojarzeniowa, kontekstowa, przeżywaniowa.

Konieczne są zmiany w organizacji edukacji. Tak jak w przedsiębiorstwach przemysłowych następuje zmiana struktury z taśmowej (taylorizm) na fraktalną

¹⁴ W. Kohlberg, T. Unseld, *Mathetik. Mathetik des E-Learnings* (S. 1-34); *Mathetics. Mathematics of E-Learning* (p. 35-64); *Mathématique. Mathématique du E-Learning* (p. 65-96), Osnabrück 2007. Plik pdf znaleziony w Internecie.

i orientacja na klienta, tak w edukacji powinno następować przejście od istniejącego jeszcze taylorizmu edukacyjnego do autonomiczności organizacji fraktalnej. Oznacza to odejście od orientacji na program na rzecz orientacji na ucznia. Mniej szkolenia, a więcej uczenia się. Metaforycznym symbolem takiej edukacji jest nie tyle *szkolony (tresowany) pies*, ile *uczący się kot*. Kot, który z natury jest wiabilny i autonomiczny – bawi się z nami wtedy, kiedy on chce, a nie kiedy my chcemy; chodzi swoimi drogami.

Rośnie ważność i konieczność uczenia się nauczycieli. Podstawowe zadanie nowoczesnego, profesjonalnego nauczyciela przesuwają się wyraźnie z czynności nauczania na czynności uczenia się – samego siebie i organizowania uczenia się uczniów. Koresponduje z tym ciekawa diagnoza szkolnictwa wyższego¹⁵. Zarzuca ona profesorom braki w profesjonalności nauczania, a studentom braki w profesjonalności uczenia się. Istotę problemu sprowadza do tezy: Dydaktyka dla profesorów – matetyka dla studentów.

Mam nadzieję, że powyższe rozważania ułatwią zrozumienie wpływu komputerów, robotyki i mechatroniki na człowieka i jego pracę w XXI w. Chciałbym, żeby była to cegielka, może to brzmi nieco patetycznie, do swego rodzaju oświecenia komputerowo-robotyczno-mechatronicznego. A oświecenie – jak się dobrze temu słowu przyjrzeć – jest czymś, co robimy, aby w przyszłości stało się zbyteczne.

¹⁵ G. Dueck, *Didaktik für Profs und Mathetik für Studis!* Informatik Spektrum 30/5/2007.