

EWOLUCJA NAUK EKONOMICZNYCH II
EKONOMIA A PANDEMIA COVID-19 POTRZEBA BIEŻĄCYCH DOSTOSOWAŃ CZY
ZMIANY PARADYGMATU?
22 listopada 2022 roku

Notka biograficzna

Prof. dr hab. Tomasz Szapiro – mgr fizyka, UW, dr - matematyka, PAN, habilitacja – ekonomia, SGH, tytuł profesora - ekonomia. Pracuje w SGH, rektor SGH (2012-2016). Autor licznych artykułów, m.in. w Operations Research, IEEE Transactions on System, Man&Cybernetics, EJOR. Adjunct Professor na Uniwersytecie Minnesoty, USA. Członek Prezydium RGNiSW (2017-2021) i KRASP (od 2016), Rady NCN (od 2019), Rady Naukowej OPI-PIB (od 2020). Przewodniczący Kapituły Naukowych Nagród „Polityki” od 2000 r. Ekspert Komisji Europejskiej.

Ekonomia i sztuczna inteligencja – sądy i przesady

Economics and Artificial Intelligence – judgments and prejudices

Tomasz Szapiro, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie,
Instytut Ekonometrii, Zakład Wspomagania i Analizy Decyzji

Streszczenie

W tekście przedstawiono próbę oceny relacji między ekonomią i sztuczną inteligencją w kontekście jej zastosowań w ekonomii, odnosząc się do kształtujących tę relację mechanizmów i roli jaką na tym polu odgrywała pandemia. Debata publiczna odbiega tu od reguł rzetelności oraz precyzji dyskursu naukowego i wprowadza wątki pozamerytoryczne. Dlatego tak postawiony cel i jego interdyscyplinarny charakter zadecydowały o rozpoczęciu od przedstawienia w koniecznym uproszczeniu terminów wykorzystanych w wywodzie, a w szczególności - uwarunkowań poznawczych związanych z nauką, ekonomią oraz sztuczną inteligencją i jej zastosowaniami. W dalszym ciągu tekstu omówiono domniemane lub rzeczywiste naukowe współzależności w rozwoju ekonomii i sztucznej inteligencji odnosząc się do dostępnej wiedzy o pandemii COVID 19.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, analiza danych, pandemia.

Poznanie naukowe – motywy i metody

Nauka to kategoria pojęciowa obejmująca procesy dociekania do prawdy o rzeczywistości i kształtowania się wiedzy selekcyjnej i sumującej aktualny stan poznania. Źródłem nauki są ciekawość poznawcza jednostek, która jest cechą gatunkową

oraz spodziewane korzyści odnoszone dzięki wiedzy. Indywidualna ciekawość i potrzeby prowadzą obok osobistych wyrzeczeń do pociągających za sobą znaczne koszty działań wymagających angażowania się grup. Nauka ma tło społeczne.

Wprawdzie ciekawość poznawcza jest cechą gatunkową, ale zaangażowanie w uciążliwe procesy zaspokojenia tej ciekawości wymaga postaw i zasobów, które nie są powszechne. Obok naukowej pasji i indywidualnej lub wspólnej potrzeby są i inne czynniki bodźce (dążenie do sławy, sekciarstwo itp.). Różne podłoża angażowania się w poszukiwanie prawdy mogą osoby i grupy uprawiające naukę wyprowadzać też na manowce, którym manipulacyjnie wykorzystywane środki komunikacji społecznej mogą nadać społeczny rozgłos, por. [Jaspers, 2017], [Dunbar, 1996]. Dlatego tak ważne jest by dążyć do oddzielania sądów naukowych od stwierdzeń będących przesądem - niewrażliwym na argumentację, bezpodstawnym przekonaniem o związku przyczynowo-skutkowym między zdarzeniami, osadzonym w stereotypach zakorzenionych w tradycji i kulturze. Instrumentem, który pozwala oddzielić sądy od przesądów jest metoda naukowa, która nakazuje nazwać naukowe odkrycie lub problem naukowy i jego rozwiązanie oraz przeprowadzić wywód, który uzasadnia empirycznie lub teoretycznie to odkrycie, por. [Pareto, 1994], [Weber, 2004].

Społeczny charakter nauki prowadzi do instytucjonalizacji procedur zapisywanych w schematach organizacyjnych uczelni oraz w - respektowanych w środowisku naukowym i daleko poza nim - zasadach kultury naukowej, por. np. The Magna Charta Universitatum (<http://www.magna-charta.org/>).

Reasumując, w dobie pandemii poszukiwanie wiedzy o współzależności ekonomii i sztucznej inteligencji postrzeganych jako obszary nauki wymaga nawiązania do prawd, których poszukują, do pragmatycznej motywacji, które je kształtują oraz do wpływu pandemii na styku tych obszarów.

Ekonomia i dane

Ekonomia zajmuje się produkcją, dystrybucją oraz konsumpcją dóbr i usług. Zakres tego pojęcia zmieniał się. [Coase, 1994] przywołuje powiedzenie [Bouldinga, 1955], zgodnie z którą „...*ekonomią jest to czym zajmują się ekonomiści...*” i zauważa, że choć nie jest możliwy opis wszystkich zagadnień, to jednak zakres ekonomii wyznaczają konkurujące ze sobą tematy bieżące. W duchu tej obserwacji, dalej przywołamy tylko wybrane koncepcje ekonomiczne, które związane są ze stykiem ekonomii i sztucznej inteligencji.

Ważnym tu aspektem jest stosowanie metod matematycznych, uzasadnione m.in. rolą pieniądza jako miernika wartości i instrumentu wykorzystywanego w wymianie. Rejestracja operacji finansowych prowadzi do baz danych w formie cyfrowej zawierających wiedzę o transakcjach. Naukowe spojrzenie na ten zasób jako źródło wiedzy empirycznej i podstawę wnioskowania prowadzi do matematycznych metod wnioskowania i przenoszenia wniosków w przyszłość (m.in. prognozowanie i symulacja), a także - implementacji tych wniosków (teoria i metody optymalizacji decyzji).

Systemy ekonomicznych transakcji funkcjonują w zróżnicowanych czasowo i przestrzennie środowiskach i ich złożoność rośnie. Stan systemu gospodarczego w każdej chwili zależy od mechanizmów wewnętrznych i od stanu środowiska. Znajomość mechanizmów wewnętrznych nie wystarcza więc do przewidzenia stanu systemu. Stany otoczenia z kolei można w pełni przewidywać w rzadkich przypadkach. Gdy możemy określić zbiór potencjalnych stanów otoczenia, ale nie potrafimy przewidzieć, który z nich się wydarzy, to mówimy o niepewności. Metody matematyczne, przy mocnych założeniach, radzą sobie z niepewnością przy pomocy metod probabilistycznych, opisujących niepewność w języku ryzyka, por. [Laffont, 1993], [Phlips, 1988]. O ile opis taki jest celowy dla systemów prostych, to dla systemów skomplikowanych zawodzi ze względu na trudności w modelowaniu i w przetwarzaniu danych. W efekcie algorytmy i sprzęt obliczeniowy nie radzą sobie z poszerzaniem pola zastosowań. Wydaje się, że początek ery komputerów oznacza jednocześnie *fin de siècle* niezaprzeczalnych, mierzonych wieloma nagrodami Nobla sukcesów podejścia klasycznych metod matematycznych. W latach 80. obserwujemy wyczerpanie możliwości ekspansji takich tradycyjnych modeli.

Cezura lat 80. otwiera epokę, w której wzrost złożoności systemów gospodarczych przyspiesza. Główne, choć nie jedyne przyczyny to integracyjne procesy gospodarcze i przełom technologiczny w przetwarzaniu informacji przekładający się na sprawną telekomunikację, powiększenie elektronicznych zasobów danych rejestrowanych w transakcjach gospodarczych i poza tym obszarem, wreszcie - tanie moce obliczeniowe różnej skali. Ekonomia stojąca wobec problemów z klimatem, wyczerpywaniem się źródeł odnawialnych, malarią, HIV czy nierównością gospodarczą otrzymała nieoczekiwany prezent - radykalne powiększenie zasobów w dyspozycji tj. danych oraz sposobów ich magazynowania i technicznie pojętego przetwarzania.

Przekształcenie tych zasobów w produkty i usługi wymagało pokonania ograniczeń metod matematycznych i ich rozwoju. Proces tej przemiany był już zapoczątkowany. W

1956 roku na konferencji w Dartmouth John McCarthy'ego nazwał nowy dział wiedzy „sztuczną inteligencją” czyli *"nauką i inżynierią tworzenia inteligentnych maszyn"*. Wkrótce wydzielono w niej działy związane reprezentacją wiedzy na użytek systemów eksperckich, z automatycznym planowaniem decyzji (m.in. autonomiczne roboty i samochody), przetwarzaniem języka naturalnego (m.in. tłumaczenia), rozpoznawaniem obrazów, robotyką czy symulacją działania mózgu. Określenie „sztuczna inteligencja” stało się etykietą, która wyodrębniła i scaliła zróżnicowaną grupę zagadnień i stała się terenem bardzo szybko ewoluujących badań o rosnącej rozpoznawalności poza światem nauki.

Sztuczna inteligencja na drodze od optymalizacji do aproksymacji

Rola etykiety „sztuczna inteligencja” okazała się ważna dla scalenia grupy zróżnicowanych zagadnień, gdyż sięga do korzeni kulturowych obecnych już w legendzie o golemie - stworzonym z gliny na kształt człowieka, ale pozbawionym duszy i zdolności mowy. Kreacja bytu o cechach pokonujących słabości ludzi z bezkształtnej materii odżywała też w nieakceptowalnych wizjach (np. eugenika) i fantazjach (np. filmy fantastyczno-naukowe). Ten odwieczny element kulturowy obecny w każdym człowieku powodował, że termin sztuczna inteligencja spełnił zadanie tzw. marketingu naukowego: temat był kojarzony także poza środowiskiem naukowców, budził zainteresowanie oraz nadzieję lub lęk, co paradoksalnie tworzyło sprzyjający kontekst dla dostrzeżenia badań i ich zastosowań.

Innym wzmocnieniem etykiety sztuczna inteligencja był opis algorytmów wykorzystujący analogie biologiczne i techniczne. Podtrzymywały one postrzeganie sztucznej inteligencji w kontekście skojarzeń z potocznym doświadczeniem. Sztuczne sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i mrówkowe, podejścia tabu i rojów, symulowane wyżarzanie i maszynowe uczelnie się są to terminy podpowiadające konotacje pomocne w komunikowaniu, kształceniu i upowszechnianiu zaawansowanych formalnie i narzędziowo metod.

Przyjmijmy tu, że sztuczna inteligencja to obszar wiedzy o takich osadzonych w matematyce metodach informatycznych, które są w stanie pokonać problem złożoności w danych zarejestrowanych przez komputery, przy czym wyniki tego przetwarzania mogą być interpretowane w odniesieniu do konkretnych problemów. Interpretowalność wyników charakteryzuje przy tym emergencja - powstawanie ogólnych, istotnych jakościowo wniosków na podstawie danych o elementach prostszych. Jest to cecha procesu myślenia tworzonego przez oddziaływanie niezdolnych przecież do myślenia neuronów w mózgu.

M.in. [Haigh, Matwin, Szapiro, 1991] podali przykład algorytmu genetycznego w modelu negocjacji dostarczający emergentnej strategii (nakazującej czynić małe ustępstwa dopiero po wprowadzaniu nowych kryteriów oceny wariantów kompromisu).

Skala operowania terminem sztuczna inteligencja zdumiewa – mówią o niej ekonomiści, ale i politycy, wykorzystują ją muzycy i plastycy do twórczości realizowanej przez komputery, lekarze i menedżerowie. Wobec różnorodności metod i zastosowań warto podać kryteria weryfikujące metody sztucznej inteligencji. Poniższy katalog kierunków weryfikacji podał [Matwin, 2007], były przewodniczący the Canadian Artificial Intelligence Association.

Weryfikacja praktyczna. Perspektywy sztucznej inteligencji zależą od jej sukcesu w rozwiązywaniu praktycznych problemów. Nowatorskie aplikacje rodzą pytania badawcze.

Weryfikacja systemowa. Postęp sztucznej inteligencji ma miejsca z dala od problemów oderwanych od realnej potrzeby. Metody sztucznej inteligencji są modułami rozwiązań informatycznych, często niewidocznymi dla użytkownika.

Weryfikacja empiryczna. Metody sztucznej inteligencji są zwykle walidowane empirycznie w oparciu o zestaw środowisk testowych. Ocena taka musi być uwzględniona na etapie projektowania i planowania projektu.

Weryfikacja matematyczna. Dobre algorytmy i systemy sztucznej inteligencji mają solidny fundament matematyczny. Nie jest to wystarczający, ale zapewne konieczny warunek sukcesu oraz narzędzie do zrozumienia, jak systemy działają i jakie są ich ograniczenia.

Weryfikacja społeczna. Trzeba zapobiegać nadużyciom pozbawionych skrupułów sił politycznych lub biznesowych, co wymaga kontroli wdrożonych systemów sztucznej inteligencji, zwłaszcza w obszarach bezpieczeństwa publicznego i zdrowia publicznego. Prywatne i publiczne źródła danych, w tym informacje biometryczne identyfikujące ludzi z kamer monitorujących dane zdrowotne i dane finansowe mogą bowiem być wykorzystane m.in. jako dane wejściowe dla algorytmów eksploracji danych do profilowania zachowania ludzi i klasyfikowania osób (dla celów zacnych np. w identyfikacji potencjalnych podejrzanych o terroryzm, ale również – celów nagannych np. do identyfikacji potencjalnych ofiar przestępstw).

Jeden z ważniejszych kierunków rozwoju metod sztucznej inteligencji prowadzi od optymalizacji (wczesne algorytmy genetyczny i sieci neuronowe) do aproksymacji (rozpoznawanie wzorca). Aproksymacja (przybliżanie) jest pojęciem od dawna znanym matematykom, jednak klasycznie nie była postrzegana w kontekście emergencji. Rzut oka

na historię matematycznych wyników w tym obszarze jest dobrą ilustracją różnorodnych źródeł osiągnięć sztucznej inteligencji.

Istotą aproksymacji jest przybliżenie danego matematycznego obiektu innym ze znanego zbioru obiektów (zwanymi dalej aproksymatami). Aproksymaty mają dobrze znane własności, pożądane z powodów praktycznych. W XIX wieku Karl Weierstrass wykazał, że ciągła funkcja z domkniętego odcinka jest jednostajną granicą – na ogół nieskończonego - ciągu aproksymat będących wielomianami (a więc elementami zbioru mniejszego a posiadającego własności pożyteczne przy obliczeniach). Rozważania matematyków dotyczące aproksymacji funkcji wielu zmiennych prowadziło do pytania o aproksymaty z możliwie małą liczbą zmiennych. Wyniki Andrieja Kołmogorowa i Władimira Arnolda (połowa XX wieku) pokazały, że ciągła funkcja może być przedstawiona za pomocą złożenia i dodawania funkcji tylko jednej zmiennej.

Sieć neuronowa, sztandarowy przykład metody sztucznej inteligencji, jest w istocie graficzną reprezentacją sparametryzowanego zbioru aproksymat - funkcji zbudowanych z tzw. funkcji aktywacji złożonych z liniowymi transformacjami zmiennych. Procedura doboru konkretnych aproksymat funkcji powtarzana iteracyjnie (uczenie sieci neuronowej) prowadzi do możliwie dobrej aproksymaty - przybliżenia funkcji wyjściowej. Tzw. uniwersalne twierdzenie aproksymacyjne Cybenki¹ (1989) dowodzi uniwersalności sieci neuronowych – jednowarstwowa sieć, z dowolną ciągłą funkcją aktywacji, może z zadaną dokładnością uczyć się - aproksymować funkcję ciągłą. W praktyce używane są głębokie sieci neuronowe składające się z wielu warstw, co pozwala na szybszą optymalizację sieci. Skuteczność tych metod prowadzi do wdrożeń - Google zastąpił algorytm wyszukiwarki PageRank algorytmem RankBrain wykorzystującym tzw. głębokie sieci neuronowe.

Warto odnotować, że przywołany przykład odnosi się do jednego tylko podejścia – sieci neuronowych. Sytuacja jest tu komfortowa – poszukiwanie sieci neuronowej, która przybliży proces ciągły ma sens, bo sieć taka istnieje. Pozostaje pytanie jak ją znaleźć. W tym celu rozważa się tzw. głębokie (wielowarstwowe) sieci neuronowe oraz procedury sukcesywnych transformacji modeli (zw. *Transfer Learning*), które startują z niewielkiej ilości danych a wstępne wyniki są wykorzystane w uzupełnianiu danych w innym, ale

¹ Twierdzenie Cybenki z 1989 r. mówi: *Niech F będzie ciągłą funkcją sigmoidalną, wtedy skończone sumy postaci $G(x) = \sum_{j=1}^N \alpha_j F(w_j^T x + \vartheta_j)$ są gęste w przestrzeni funkcji ciągłych n zmiennych na kostce jednostkowej.* Popularny przegląd wprowadzający do tej problematyki przedstawił A. Dąbrowski w Delcie z maja 2018 r. (<https://tiny.pl/w97th>, data dostępu: 2022-09-30).

pokrewnym problemie. Przykładowo w rozpoznawaniu obrazów, sieci neuronowe mogą wykryć w warstwie wejściowej krawędzie, potem korzystając z tego – wykryć kształty w warstwie środkowej a w dalszych warstwach - inne cechy. Trzeba tu dodać, że sukcesy odnoszą także tzw. metody metaheurystyczne (konstruowane za pomocą specyficznych pojęć), gdzie teoretycznego uzasadnienia nie ma i ryzyko porażki jest większe.

Powyższe rozważania stwarzają terminologiczne podstawy do próby udzielenia odpowiedzi na pytanie o wpływ ekonomii na sztuczną inteligencję i sztucznej inteligencji na ekonomię.

Od ekonomii do sztucznej inteligencji

Procesy cywilizacyjne, które wpłynęły m.in na zwielenokrotnienie zasobu informacji w dyspozycji firm i państwa mają skutki o charakterze ekonomicznym, metodologicznym i regulacyjnym.

Dążenie do ekonomicznego wykorzystania zasobów informacji wzbogaciło wczesne motywacje rozwoju sztucznej inteligencji o bodziec, który zaowocował inwestycjami w rozwój podejść teoretycznych i stosowanych (naukowy bodziec popytowy) pozwalających przetworzyć te zasoby na produkty (naukowy bodziec podażyowy), w tym usługi będące przedmiotem transakcji. Ten inwestycje okazały się skuteczne – nastąpił gwałtowny skok w wiedzy o metodach i zastosowaniach sztucznej inteligencji.

Postrzeżenie danych i algorytmów ich przetwarzania jako znacznego zasobu o wartości ekonomicznej prowadzi do postawienia w nowym kontekście pytania o ocenę jakości tego zasobu. Katalog tzw. rekomendacji “FAIR”² stwarza podstawy dla rzetelnych procedur korzystania ze zbiorów danych i łatwiejszego wyszukiwania, cytowania i wykorzystywania danych. Reguły FAIR są kodeksem profesjonalnej rzetelności w badaniach naukowych niezależnie od dyscypliny naukowej wykorzystywanej bazy danych. Kodeks jest przydatny w fazie planowania badań i kształcenia młodych adeptów nauki.

Funkcjonowanie perspektywy metodologicznej wynika z faktu, że silny związek metod przetwarzania danych z ich rzeczywistym gospodarczym tłem, stanowiącym jedno z kryteriów wartości tych metod spowodował, że kategorie pojęciowe właściwe ekonomii i naukom o zarządzaniu zaczęły wpływać na politykę naukową w obszarze sztucznej inteligencji. Nową terminologię, np. korzystającą z pojęć biologicznych wzbogaciły

² FAIR to akronim dla Findability, Accessibility, Interoperability and Reusability of data(sets).

pojęcia ekonomiczne - oto w podręcznikach powiada się dziś, że w algorytmach genetycznych osobnicy w populacji konkurują o poziom funkcji jakości. Przeniesione z ekonomii pojęcie jakości (np. danych, baz danych, modeli) stało się centralnym punktem odniesienia w konstrukcji metod i ich wdrożeń, co również stało się bodźcem do renesansu i redefinicji metod wcześniejszych (macierz omyłek, krzywa ROC, błędy pierwszego i drugiego rodzaju).

Perspektywa ekonomiczna prowadząca do rozwoju metod nie zawsze jest widoczna lub ma charakter sprzężenia zwrotnego. W operacjach rynku finansowego można analizować dane o bardzo wysokiej częstotliwości w budowie rekomendacji decyzji inwestycyjnych co tworzy popyt na nowe algorytmy przeszukiwania sparametryzowanych przestrzeni modeli. Dostęp do tych danych staje się usługą, której cena zależy od częstości przekazywania danych.

Interesującym przykładem sprzężenia ekonomii i sztucznej inteligencji jest klasyczne zagadnienie zarządzania flotą pojazdów w warunkach ciągłego pobierania zamówień na transport i możliwości modyfikacji tras pojazdów w wyniku napływających zamówień przez mobilne środki telekomunikacji. Ekonomiczne korzyści są tu oczywiste, jednak analityczna złożoność zagadnienia zaowocowała gamą podejść prowadzących od klasycznego problemu komiwojażera przez tzw. optymalizację kombinatoryczną do algorytmów sztucznej inteligencji, por. [Kołoch, Szapiro, 2010].

Dla funkcjonowania systemu gospodarczego istotne jest funkcjonowanie demokracji. Stąd troska o gospodarkę jest immanentnie powiązana z troską o instytucje demokratyczne i ich regulacyjne zabezpieczenie. Ta perspektywa obok perspektywy ekonomicznej dała silne impulsy prowadzące do rozwoju sztucznej inteligencji np. w obszarze systemów głosowań, systemów wsparcia ochrony zdrowia (diagnostyka oparta o rozpoznawanie wzorca czy trójwymiarowego wydruku protez lub przeplotów tkanek) i in. Inny kierunek powiązany z tym problemami to nawrót zainteresowania metodami kryptograficznymi rozważanych w kontekstach finansowych, prawnych i medycznych.

Dodatkowy, płynący z rzeczywistości bodziec dla sztucznej inteligencji to fenomen globalnej lokalności. „...*Mamy inne piosenki i co innego chcemy przez nie wyrazić. (...) Pragniemy być słyszani, oglądani i chcemy prezentować światu to, co lubimy. (...) Platforma technologiczna, z której ludzie z całego świata czerpią wiedzę i inspiracje jest jedna, ale służy wielu różnym kulturom. Gleba jest ta sama, ale rosną na niej różne drzewa...*” tak [Friedman, 2009] wspomina słowa młodego chińskiego inżyniera Gary

Wanga i jego konkluzję „...Owszem globalizacja może prowadzić do homogenizacji świata (...), ale może ją także odwracać...”.

Od sztucznej inteligencji do ekonomii

Wpływ sztucznej inteligencji na funkcjonowanie gospodarek i zagadnienia wymagające badań można zilustrować na przykładach dotyczących rynku pracy, mianowicie skutków zmiany struktury trybów pracy w aspekcie zróżnicowania zawodów i wynagrodzeń. Te potwierdzone empirycznie fakty wymagają merytorycznego objaśnienia stanowiąc poważne wyzwania badawcze.

Praca zdalna

McKinsey Global Institute w raporcie *Stan sztucznej inteligencji w 2020 roku*³ prezentuje wyniki badania z czerwca 2020 r., które objęło 2395 respondentów reprezentujących pełen zakres regionów, branż, wielkości firm, specjalności funkcjonalnych i stażu pracy. Dane uwzględniły wagi mierzące wkład kraju respondenta w globalny PKB. Okazuje się, że połowa respondentów stwierdza, że ich firmy wdrożyły metody sztucznej inteligencji w co najmniej jednej funkcji biznesowej, zaś 22% respondentów wiąże co najmniej 5% zysku operacyjnego z takimi metodami.

Dane nie dotyczą okresu pandemii – wskazują trend wcześniejszy inspirowany w części firm na przez menedżerów. Pandemia COVID-19 postawiła pytania o istotę związku pracownika z miejscem pracy i zarządzania procesami wynikającymi z pracy z domu. Okazuje się, że wielu pracowników nie może pracować zdalnie, powstają również modele hybrydowej pracy zdalnej, które w pewnych obszarach przetrwają. Pandemia przełamała niektóre kulturowe i technologiczne i doprowadziła do poważnych zmian strukturalnych w organizacji pracy.

Pandemia przyspieszyła rozwój pracy hybrydowej i pokazała jej ekonomiczny potencjał i wady. Znanym i ważnym narzędziem analitycznym pozwalającym szacować ten potencjał jest pomiar czasochłonności czynności wykonywanych w różnych zawodach. Inna analiza McKinsey Global Institute uwzględniła 2000 czynności dla ponad 800 zajęć w 9 krajach i wskazuje, że praca hybrydową dotyczy grupy wysoko wykwalifikowanych, wysoko wykształconych pracowników w kilku branżach, zawodach i lokalizacjach geograficznych. M.in. okazuje się, że siła robocza w gospodarkach rozwiniętych może spędzać więcej czasu pracując zdalnie niż ma to miejsce w gospodarkach wschodzących.

³ Por. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/global-survey-the-state-of-ai-in-2020>, 17 listopada 2020 r., data dostępu: 2022-09-30.

Wyniki wskazują m.in, że w Wielkiej Brytanii „...usługi biznesowe i finansowe stanowią dużą część brytyjskiej gospodarki i mają największy potencjał pracy zdalnej wśród badanych przez nas krajów. Jego pracownicy mogliby teoretycznie pracować zdalnie w jednej trzeciej czasu bez utraty produktywności lub prawie połowę czasu, ale przy zmniejszonej wydajności...”. Oczywiście w innych krajach udział pracy zdalnej jest mniejszy – spada do kilkunastu procent lub do zera, gdy pracy nie można wykonywać zdalnie (w Indiach jest to większość siły roboczej, przekraczająca liczebnie populację Europy).

Z analiz McKinsey Global Institute wynika, że jeden z pięciu pracowników może pracować zdalnie od trzech do pięciu dni w tygodniu tak skutecznie, jak gdyby pracowali w miejscu pracy. Raport stwierdza, że „...gdyby praca zdalna przyjęła się na tym poziomie, oznaczałoby to od trzech do czterech razy więcej osób pracujących z domu niż przed pandemią i miałyby głęboki wpływ między innymi na gospodarkę miejską, transport i wydatki konsumpcyjne...”. Praca pozostałych czterech z pięciu pracowników wymaga obok dodatkowych kompetencji także bezpośredniej współpracy z innymi, korzystania ze specjalistycznych maszyn lub musi być wykonywana w miejscu pracy (np. w szpitalach) lub poza domem (np. dystrybucja). Ci pracownicy zarabiają często mniej i mogą być zastępowani przez roboty i proces digitalizacji, więc hybrydowe modele pracy zdalnej prawdopodobnie będą nowym źródłem nierówności społecznych.

Praca hybrydowa wpływa na gospodarkę miejską – na transport, sprzedaż benzyny i samochodów, restauracje i handel detaliczny, popyt na nieruchomości biurowe i mieszkalne. Gdy firmy technologiczne ogłosiły plany pracy zdalnej, mediana ceny wynajmu kawalerki w San Francisco, tym magnesie dla informatyków, spadła o blisko jedną czwartą w porównaniu z rokiem ubiegłym, z kolei we wrześniu 2020 r. w Nowym Jorku 15000 mieszkań na wynajem było pustych a na przedmieściach i w mniejszych miastach popyt na mieszkania istotnie wzrósł.

Wynagrodzenia a procesy informatyzacji

Jedną z pośrednich przesłanek znaczenia ekonomicznego zawodu jest poziom wynagrodzeń w tym zawodzie. Wysoki poziom wynagrodzeń jest reakcją pracodawców na rosnący popyt na siłę roboczą, który monotonicznie wynika z produktywności w danym zawodzie. Portal Discover Glassdoor's Best Jobs in 2022 wykorzystuje dane o miejscach pracy, wynagrodzeniach w firmach i prezentuje m.in doroczną listę 50 najlepszych stanowisk w pracy w Ameryce. Uwzględnia się stanowiska, na które zgłaszane jest co najmniej 2000 ofert pracy. Na liście ważne są trzy kryteria: mediana wynagrodzeń,

satysfakcja z pracy i liczba ofert pracy, które wyznacza się na podstawie przynajmniej 100 raportów płacowych i 100 ocen satysfakcji z pracy udostępnionych przez pracowników z USA za okres ostatniego roku. Podobne stanowiska są grupowane a stanowiska na poziomie kierowniczym oraz staże są wyłączone z analizy. W kolejnych tabelach opracowanych na podstawie portalu Glassdoor⁴ przedstawiono strukturę zawodów dominujących dzięki kompetencjom związanym z przetwarzaniem danych dla Stanów Zjednoczonych i Wielkiej Brytanii za ostatnie dwa lata oraz prostą ekonomiczną charakterystykę tych zawodów⁵.

Najbardziej atrakcyjne stanowiska pracy w USA i UK

Best Jobs in 2022 in America	Best Jobs in 2021 in America	Best Jobs in 2022 in the UK	Best Jobs in 2021 in the UK
Enterprise Architect	Java Developer	<i>Java Developer</i>	<i>Product Manager</i>
Full Stack Engineer	Data Scientist	<i>Enterprise Architect</i>	<i>Enterprise Architect</i>
Data Scientist	Product Manager	<i>Product Manager</i>	<i>Dentist</i>
Devops Engineer	Enterprise Architect	<i>Full Stack Engineer</i>	<i>Full Stack Engineer</i>
Strategy Manager	Devops Engineer	<i>Data Scientist</i>	<i>Sales Manager</i>
Machine Learning Engineer	Information Security Engineer	<i>HR Manager</i>	<i>Mobile Engineer</i>
Data Engineer	Business Development Manager	<i>Corporate Recruiter</i>	<i>Tax Manager</i>
Software Engineer	Mobile Engineer	<i>HR Business Partner</i>	<i>Cloud Engineer</i>
Java Developer	Software Engineer	<i>Front End Engineer</i>	<i>Commercial Manager</i>
Product Manager	Dentist	<i>Marketing Manager</i>	<i>Business Development Manager</i>

Źródło: opr. własne.

Jak wskazuje pierwsza z tabel, rozwój metod sztucznej inteligencji i ich zastosowań krajach rozwiniętych doprowadził do powstania nowych zawodów z jednej strony wymagających wysokich interdyscyplinarnych kompetencji, a z drugiej - cieszących się ogromnym popytem (przy założeniu, że wysoki poziom wynagrodzeń i znacząca liczba

⁴ https://www.glassdoor.com/List/Best-Jobs-in-America-LST_KQ0,20.htm, dostęp: 2022.09.30.

⁵ Większość tych zawodów, to zawody nowe, jeszcze bez odpowiedników, które przyjęły się w języku polskim, więc w tabelach zachowano nazewnictwo anglojęzyczne.

ofert pracy kształtowane na rynku są pochodną popytu na trudno dostępne kompetencje i satysfakcji z pracy).

Wynagrodzenia, oferty pracy i satysfakcja w Stanach Zjednoczonych

Job Title (US)	Median Base Salary	Job Satisfaction	Job Openings
Enterprise Architect	\$144,997	4.1/5	14,021
Full Stack Engineer	\$101,794	4.3/5	11,252
Data Scientist	\$120,000	4.1/5	10,071
Devops Engineer	\$120,095	4.2/5	8,548
Strategy Manager	\$140,000	4.2/5	6,977
Machine Learning Engineer	\$130,489	4.3/5	6,801
Data Engineer	\$113,960	4.0/5	11,821
Software Engineer	\$116,638	3.9/5	64,155
Java Developer	\$107,099	4.1/5	10,201
Product Manager	\$125,317	4.0/5	17,725

Źródło: opr. własne.

Wynagrodzenia, oferty pracy i satysfakcja w Wielkiej Brytanii

Job Title (UK)	Median Base Salary	Job Satisfaction	Job Openings
Java Developer	£55,381	4.1/5	1,567
Enterprise Architect	£73,898	4.1/5	1,328
Product Manager	£60,656	4.1/5	1,432
Full Stack Engineer	£47,320	4.3/5	1,074
Data Scientist	£49,449	4.2/5	1,011
HR Manager	£48,443	4.4/5	751
Corporate Recruiter	£46,215	4.6/5	877
HR Business Partner	£50,000	4.3/5	655
Front End Engineer	£43,803	4.2/5	1,529
Marketing Manager	£47,320	4.2/5	1,139

Źródło: opr. własne.

Przy analizie Tabel uderza fakt, że zawody medyczne wypadły z pierwszej dziesiątki. Przywołane okoliczności dowodzą, że sztuczna inteligencja w istotnym stopniu wpłynęła na strukturę rynku pracy i mechanizmy rynkowe dając bodziec do badań naukowych w tym obszarze. Ekonomia nie kończy się na analizach rynku pracy, więc przywołane argumenty choć mocne są tylko ilustracją potencjału sztucznej inteligencji. Potencjał ten widoczny jest też w innych naukach, np. w socjologicznych badaniach danych sieciowych rejestrowanych w mediach społecznościowych.

Wybrane przewidywania, oczekiwania i rekomendacje

Nie tylko naukowa ciekawość i nowoczesne technologie, ale także lęk przez utratą zdrowia, jak i skutki gospodarcze funkcjonowania w pandemii zrodziły potrzebę stworzenia szczepionki. Siła zagrożenia zadecydowała o wielkiej skali zaangażowanych zasobów, inwestycji w poszerzenie wiedzy i budowę terapii, ale także - motywowania talentów zdolnych do stworzenia remediów. Naturę tego lęku dopiero rozpoznajemy, por. [Kossowska, Letki, Zaleśkiewicz, Wichary, 2020]. Ten lęk wsparty kulturowym kodem „lepszego” człowieka i „lepszej” (sztucznej) inteligencji zrewolucjonizował rozwój niektórych funkcjonujących wcześniej kierunków badań nauki i sposobów pracy zdalnej. Wiele pytań pozostaje otwartych. Analizy wskazują, że hybrydowy system pracy przetrwa pandemię, ale nie wszędzie zastąpi pracę w miejscu pracy. Hybrydowa praca zdalna doprowadzi do zmian w funkcjonowaniu gospodarek miejskich i intensyfikacji poszukiwań sposobów zwiększenia produktywności pracy zdalnej w firmach i może doprowadzić do wzrostu nierówności.

Rynek pracy reaguje na te zmiany korektami strategii w każdej grupie podmiotów rynkowych, por. [Śledziwska, Włoch, 2017]. Pracodawcy dążąc do zmniejszenia kosztów i podniesienia jakości pracy, wymieniają kadrę w jednym obszarze i zmniejszają zatrudnienie w innych. Pracownicy dążą do utrzymania pracy przez podnoszenie kwalifikacji, co skutkuje popytem na certyfikowane kompetencje i korektami kierunków kształcenia, por. [Olszak, 2021]. Powstaje nowy obszar rynku pracy hybrydowej, który wymaga regulacji chroniącej rzetelną konkurencję i interes społeczny, jakim jest stabilny rozwój gospodarczy i społeczny oraz ochrona przed wysokim bezrobociem. Regulatora czeka ukierunkowana pro jakościowo interwencja na rynku usług prowadzących do potrzebnych kwalifikacji uczniów (por. felieton o algorytmie rekrutacyjnym [Piketty, 2018]) i kandydatów na studia oraz możliwość przekwalifikowania pracobiorców.

Interwencja regulatora musi być ograniczona do ochrony jakości nowych form i programów kształcenia oraz przeciwdziałania negatywnym efektom ubocznym występowania popytu w warunkach nieregulowanej konkurencji. Wspólnym mianownikiem tych strategii (pracodawców, pracobiorców i regulatora) jest regulacyjne wsparcie dla elastyczności i jakości kształcenia. Ponieważ pełnowymiarowe procesy edukacyjne tworzy się, przeprowadza i weryfikuje w horyzontach wieloletnich, więc potrzebę wieloletniej strategii edukacyjnej muszą uzupełniać potrzeby tzw. studia krótkiego cyklu. To oznacza silną potrzebę korekty na rynku kształcenia. Przeprowadzony wywód nakazuje troskę o objęcie korektą całego systemu kształcenia, w tym - przywrócenie

roli przedmiotów o fundamentach matematycznych oraz kulturowych w proporcjach i ujęciach stosownych dla każdej grupy - od przedszkolaków do pracowników.

Komisja Europejska w ramach aktywności European Education Area formułuje i wspiera koncepcję mikrokwalifikacji⁶. Są to powszechnie dostępne (a więc także dla pracujących w pełnym wymiarze) możliwości uczenia się i certyfikacji efektów kształcenia w formach krótkich, przejrzyste ocenionych kursów lub modułów oferowanych w systemie stacjonarnym, zdalnym lub hybrydowym. Mikrokwalifikacje mają być przyznawane przez instytucje szkolnictwa wyższego i kształcenia zawodowego, a także przez organizacje prywatne, które sformułują ofertę poszerzenia zdobytej wiedzy poza pełnym cyklem studiów wyższych oraz podniesienia umiejętności lub przekwalifikowania się tak by podnieść szanse rozpoczęcia lub rozwoju kariery zawodowej.

Innym wspólnym frontem jest troska o cyberbezpieczeństwo, por. np. [Akreloff, Shiller, 2017], o zgodność z przepisami prawa, a także o prywatność osobistą i zagregowaną. Metody sztucznej inteligencji niosą bowiem realne zagrożenia dla bezpieczeństwa narodowego, stabilności politycznej, reputacji organizacji, zdrowia psychicznego osób oraz ich majątku.

Już [Coase, 1994] rozważał podobieństwa i różnice rynku dóbr i usług oraz rynku idei postrzeganych jako zasoby, przedmioty wymiany w mowie czy piśmie. Coase powiada: „...nie ma fundamentalnej różnicy pomiędzy tymi dwoma rynkami, w decyzjach o polityce publicznej ich dotyczącej, trzeba brać pod uwagę te same rozważania...”. Wśród wielu przykładów rynku idei warto wspomnieć o podatku bitowym (por. Raport Klubu Rzymskiego przygotowany na jego 50 rocznicę, [von Weizsacker, Wijkman, 2018] lub inspirującą ideę Kennetha Laudona, profesora w Szkole Biznesu Sterna na uniwersytecie nowojorskim zajmującego się systemami informacyjnymi i ochroną prywatności, autora ekspertyz dla Kongresu i Prezydenta USA. Laudon na tle słabości istniejących regulacji już ćwierć wieku temu naszkicował mechanizm ekonomiczny - rynek informacyjnego na wzór rynku kapitałowego. Teoretyczne ujęcie ekonomicznej analizy wartości informacji prezentuje w czysto ekonomicznym ujęciu [Lawrence, 1999].

Podzielając pogląd Coase, sądzę, że pora by idee i metody etykietowane jako sztuczna inteligencja, w ekonomii traktować jako specyficzne zasoby, a także przedmioty transakcji, zaś obszar bezpiecznego funkcjonowania konkurencji w tym obszarze i

⁶ <https://education.ec.europa.eu/pl/education-levels/higher-education/micro-credentials>,
dostęp: 2022.09.30

akceptowalny zakres interwencji regulatora uznać za źródło naukowych problemów fascynujących poznawczo i praktycznie. Styk ekonomii i sztucznej inteligencji to obiecujące pole badań naukowych i ich wdrożeń, a nie pożywka dla metafor i obietnic polityków lub medialnej promocji łatwostrawnych intelektualnych wafelków.

Pragnę podziękować organizatorom konferencji za udostępnienie tego forum do zaprezentowania swoich rozważań oraz Profesorowi Janowi Szmidtowi za inspirację do podjęcia tego tematu, a także Profesorom Stanisławowi Matwinowi i Bogumiłowi Kamińskiemu za dyskusje na podniesione tu tematy w trakcie naszej wieloletniej współpracy. Oczywiście w żadnym wypadku nie odpowiadają oni za poczynione tu z konieczności uproszczenia.

1 Bibliografia

- Akerlof G.A., R.J. Shiller, Złocić frajera. Ekonomia manipulacji i oszustwa, PWTE, 2017.
- Boulding K.E., Economic Analysis, New York: Harper, 1995.
- Coase R.H., Essays on Economics and Economists, University Chicago Press, 1994.
- Dunbar R., Kłopoty z nauką, Marabut, 1996.
- Friedman T., Świat jest płaski, REBIS, 2009.
- Haigh K., S. Matwin, T. Szapiro, "Genetic Algorithms Approach to a Negotiation Support System", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1991, t. 21, nr 1.
- Jaspers K., Idea uniwersytetu, Narodowe Centrum Kultury, wyd. 2., 2017.
- Koloch G., T.Szapiro, "On Multiple Criteria Genetic Approach to Highly Constraint VRPS", Multiple Criteria Decision Making, 2010, nr 5, str. 149-162
- Kossowska M., N.Letki, T.Zaleśkiewicz, S.Wichary, Człowiek w obliczu pandemii, Wyd. Smak Słowa, 2020.
- Laffont J-J. The Economics of Uncertainty and Information, MIT, 4th ed., 1994
- Laudon K.C., Markets and Privacy, Communications of the ACM, Sept. 1996, t. 39, nr. 9.
- Lawrence D.B., The Economic Value of Information, 1999.
- Matwin S. My AI or Five Theses About Artificial Intelligence After Its 50th Birthday, w: "Discovering Patterns in Economic Data, red. Nauk. T.Szapiro, Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych SGH, 2007, t. XVII.
- Olszak C.M., Business Intelligence and Big Data, Drivers for Organizations Success, 2021.
- Pareto V., Uczucia i działania. Fragmenty socjologiczne, PWN, 1994.
- Phlips L., The Economics of Imperfect Information, Cambridge University Press, 1988.
- Piketty T., Do urn obywateli, Wydawnictwo Krytyki Politycznej, 2018.

Śledziwska K., R. Włoch, *The Economics of Digital Transformation*, Routledge, 2021.

Weber, M., *Racjonalność, władza, odczarowanie*, Wydawnictwo Poznańskie, 2004.

von Weizsacker E.U., A.Wijkman, *Come On. Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet*, Springer, 2018.