

*dr Jolanta Sala*¹ 

Katedra Statystyki, Ekonometrii i Informatyki
Powiślańska Szkoła Wyższa

*dr Halina Tańska*² 

Katedra Informatyki Stosowanej i Modelowania Matematycznego
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Instrumentalizacja sztucznej inteligencji w polityce aktywności naukowej w Polsce

WPROWADZENIE

Wzrost i rozwój gospodarczy jest ściśle związany z rozwojem nauki, a współcześnie znaczącą rolę przypisuje się „sztucznej inteligencji”. Wobec tego w celu zniwelowania nierówności rozwojowych polityce gospodarczej powinna towarzyszyć polityka naukowa. Polityka aktywności naukowej od wieków ma istotne znaczenie dla zrównoważonego rozwoju. Niewątpliwie trudno jest zbadać i zmierzyć stan nauki, a w szczególności jej rozwój. Nieustanne wysiłki w tym zakresie przynoszą mniej lub bardziej znaczące postępy w zależności od celu, jaki wspomagają. Niemniej w nauce dynamika zmian powoduje, że zmieniają się zarówno osoby i kolejne pokolenia osób „uprawiających” naukę, jak i poszczególne dyscypliny naukowe. Przykładem bardzo dynamicznie zmieniającej się nauki jest „sztuczna inteligencja”.

O swego rodzaju ciągłość metodologiczną pomiarów ilościowych rozwoju nauki w Polsce dba działający od ponad 100 lat Główny Urząd Statystyczny (GUS), ale nauka ma charakter dziedzictwa ogólnoswiatowego i rozwija się znacznie dłużej. Rozwojem nauki zajmuje się także organ statystyczny Unii Eu-

¹ Adres korespondencyjny: Powiślańska Szkoła Wyższa, ul. 11 Listopada 29, 82-500 Kwidzyn; e-mail: jolasala@interia.pl. ORCID: 0000-0001-8421-6949.

² Adres korespondencyjny: Wydział Matematyki i Informatyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ul. Słoneczna 54, 89-698 Olsztyn; e-mail: tanska@uwm.edu.pl. ORCID: 0000-0002-2014-5202.

ropejskiej EUROSTAT³. Od ponad 50 lat, tj. od 1963 roku, standardem statystyki w zakresie działalności badawczo-rozwojowej (B+R) są uzgodnienia ekspertów OECD z Frascati⁴ (Frascati, Manual, 2015; *Pomiar...*, 2018). Dzięki temu możliwe są wieloaspektowe porównania (*Nauka...*, 2020)⁵, a w szczególności według krajów i dziedzin tematycznych.

Celem artykułu jest identyfikacja stosowanych koncepcji pomiaru rozwoju sztucznej inteligencji w latach 2006–2020 oraz zasygnalizowanie ich nieadekwatności w kontekście zidentyfikowanych uwarunkowań tego rozwoju oraz formułowania polityki aktywności naukowej w Polsce. Opracowanie jest syntetyczną prezentacją wyników wieloletnich badań własnych w zakresie relacji pomiędzy nauką, polityką, społeczeństwem i rozwojem gospodarczym. Główne tendencje tych relacji mają charakter ogólnoświatowy, ale wyraźne są także preferencje specyficzne dla warunków lokalnych (krajowych, narodowych, środowiskowych). Niniejsze opracowanie eksponuje doświadczenia sztucznej inteligencji (SI, ang. *Artificial Intelligence*, AI) z perspektywy uwarunkowań polskich.

Badaniami objęto aspekty terminologiczne SI, elementy stosowanych konwencji pomiaru podstawowych mierników rozwoju nauki (w kontekście SI) oraz identyfikacji uwarunkowań i barier rozwoju SI. Aspekty terminologiczne SI objęły okres od lat siedemdziesiątych XX w, natomiast analizy porównawcze konwencji pomiaru dotyczą lat 2006–2020.

PRZEGLĄD LITERATURY

W przypadku terminologii związanej z SI ma miejsce ogromna różnorodność poglądów, interpretacji, punktów widzenia, ujęć i perspektyw. Jest to szczególnie charakterystyczne dla polskojęzycznych publikacji, co można zaobserwować w ujęciach definicyjnych i paradygmatach zawartych w następujących wybranych publikacjach polskich autorów (Artiemjew, 2015; Targowski, 2013; Gregor, Kaczorowska-Spychalska, 2020). Niewątpliwie możliwe jest abstrahowanie od

³ Eurostat Your key to European statistics. Pobrane z: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/science-technology-innovation/overview>

⁴ Edycja z 2015 roku jest dostępna w j. angielskim. Pobrane z: <http://www.oecd.org/sti/inno/Frascati-Manual.htm> (2020.06.08) oraz w j. polskim. Pobrane z: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/nauka-i-technika-spolescenstwo-informacyjne/nauka-i-technika/podrecznik-frascati-2015,16,1.html> (2020.06.08). Działalność B+R obejmuje: pracę twórczą podejmowaną w sposób metodyczny w celu zwiększenia zasobów wiedzy – w tym wiedzy o rodzaju ludzkim, kulturze i społeczeństwie – oraz w celu tworzenia nowych zastosowań dla istniejącej wiedzy; trzy rodzaje działalności B+R: badania podstawowe, badania stosowane i prace rozwojowe.

⁵ Możliwe są porównania w ramach ośmiu działów: działalność B+R, zasoby ludzkie, bibliometria, zaawansowanie w przemyśle i usługach, działalność innowacyjna, ochrona własności przemysłowej, biotechnologia, nanotechnologia.

wielu rozbieżności terminologicznych, ale często autorom brakuje dobrej woli w podejmowanej dyskusji naukowej.

SI zgodnie ze słownikiem Ośrodka Przetwarzania Informacji (OPI) to „naśladowanie przez maszyny, zwłaszcza systemy komputerowe, procesów decydujących o inteligencji człowieka”⁶. Jest to istotny punkt widzenia terminologii SI, gdyż na wynikach badań zespołu skupionego wokół OPI opracowany został obraz stanu polskiego rozwoju SI w sektorze nauki w latach 2013–2018 (dla potrzeb polityki) (*Rozwój...*, 2019). Autorzy wskazują na początki pojęcia „sztuczna inteligencja” (1956 r., John McCarthy, amerykański informatyk) jako na „naukę i inżynierię tworzenia inteligentnych maszyn” wykorzystującą narzędzia i ustalenia z wielu dziedzin, między innymi: informatyki, psychologii, filozofii, neuronauki, kognitywistyki, lingwistyki, badań operacyjnych, ekonomii, teorii sterowania, prawdopodobieństwa, optymalizacji i logiki. Szanując ujęcie autorów należy jednak podkreślić, iż obraz ten nie jest pełny, gdyż eksponuje fakty wynikające z pomiarów w badanym okresie 2013–2018. Natomiast rozwój SI zarówno w świecie, jak i w Polsce rozpoczął się znacznie wcześniej (wiele poważnych publikacji historię początków SI lokuje jeszcze p.n.e., a inne dopiero od 1931 roku (Ertel, 2017)), a więc do zestawu kluczowych dziedzin nauki warto dodać przynajmniej doświadczenia i instrumentarium statystyki oraz cybernetyki (Flakiewicz, Oleński, 1989). Oczywiście nie można także abstrahować od współczesnych koncepcji rozwojowych SI dotyczących Przemysłu 4.0 (Gregor, Kaczorowska-Spychalska, 2020), które łączą ujęcie teoretyczne z praktyką oraz identyfikują szanse i zagrożenia.

Jednym z głębszych podsumowań stanu merytorycznego rozwoju SI jest opracowanie oddające perspektywę XXI w. (Russell, Norvig, 2010), w której autorzy uporządkowali różnorodność definicyjną sprowadzając ją do dwóch wymiarów, czterech kategorii oraz ośmiu koncepcji począwszy od lat siedemdziesiątych XX wieku. Wymiar pierwszy to rodzaje procesów i wymiar drugi to miara sukcesu (kontekst), co syntetycznie obrazuje rys. 1. Wydaje się, iż rzeczywiście przy pomocy tych dwóch wymiarów można sklasyfikować większość podejść definicyjnych SI, a autorzy wybrali osiem podejść (koncepcji) wzorcowych tj. procesy myślenia w kontekście wydajności (Haugeland, 1985; Bellman, 1978) i w kontekście racjonalności (Charniak, McDermontt, 1985; Winston, 1992) oraz procesy działania w kontekście wydajności (Kurzweil, 1990; Rich, Knight, 1991) i w kontekście racjonalności (Poole i in., 1998; Nilsson, 1998).

⁶ Portal Sztuczna Inteligencja pod patronatem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Ośrodka Przetwarzania Informacji – Państwowy Instytut Badawczy, w partnerstwie z Ministerstwem Cyfryzacji i Urzędem Patentowym RP, DigitalPoland i innych. Pobrane z: <https://www.sztucznainteligencja.org.pl/slownik/2020>.

Kontekst Procesy	Wydajność	Racjonalność
Procesy myślenia	Wydajność myślenia [Bellman, 1978] [Haugeland, 1985]	Racjonalność myślenia [Charniak, McDermontt, 1985] [Winston, 1992]
Procesy działania	Wydajność działania [Kurzweil, 1990] [Rich, Knight, 1991]	Racjonalność działania [Poole, Mackworth, Goebel, 1998] [Nilsson, 1998]

Rys. 1. Cztery kategorie definicji SI według Russela i Norviga

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Russell, Norvig, 2010).

Ponadto w niniejszym opracowaniu wykorzystano wyniki pomiarów GUS (*Nauka...*, 2020), OECD (Baruffaldi i in., 2020; Borowiecki, Mieczkowski, 2019) i własnych (Tańska, 2018; Sala, Tańska, 2018; Sala, Tańska, 2020) oraz źródła literaturowe identyfikujące kluczowe aspekty uwarunkowań metodycznych, politycznych, społecznych i ekonomicznych, w tym: (Bańka, 1980; Carroll, 2001; Ford, Bradshaw, 1993; Frascati, 2015; *Pomiar...*, 2018; *Polityka...*, 2019; *Polska...*, 2020; Sala, 2013; Sala, Tańska, 2003; Sala, Tańska, 2008; Sala, Tańska, 2013; Sala, Tańska, 2015a; Sala, Tańska, 2015b; Sala, Tańska, 2017; Smith-Atakan, 2006; Sowa, 2000; Stiglitz, 2004; *Sztuczna...*, 2018; Targowski, 2013; Uchwała..., 2021). Posługiwano się metodami statystyki, cybernetyki i informatyki.

ASPEKTY POJĘCIOWE

Aspekty pojęciowe niniejszego artykułu są wielowątkowe i często kontrowersyjne podobnie jak w przypadku SI. Zarówno w przypadku pojęcia SI, jak i innych pojęć wymagały one zastosowania propozycji terminologicznych najbardziej użytecznych dla realizacji założonego w artykule celu. Dla zwiększenia obiektywizmu zobrazowanej w artykule instrumentalizacji SI nie zostały wprowadzone własne pojęcia, choć zasygnalizowane są wszelkie konieczne zastrzeżenia i wątpliwości. Wobec tego między innymi komentarza wymagają zastosowane we wprowadzeniu pojęcia „polityka naukowa” i „polityka aktywności naukowej”. Są to pojęcia, w kontekście których autorki respektują podręcznikową wiedzę akademicką reprezentowaną przez zespół profesora B. Winiarskiego w zakresie polityki gospodarczej (Winiarski, 2012, s. 325–348) oraz profesora J. Stiglitz w zakresie ekonomii sektora publicznego (Stiglitz, 2004). Politykę naukową z perspektywy polityki gospodarczej definiuje się jako „działalność państwa oraz innych instytucji publicznych, skierowaną na takie oddziaływanie na naukę, które w sposób optymalny przyczynia się do wzrostu gospodarczego

i rozwoju społecznego przy optymalnym wykorzystaniu środków na badania naukowe” (Winiarski, 2012, s. 326). W przypadku ekonomii sektora publicznego, a w szczególności w kontekście teorii wydatków publicznych i wyboru publicznego stanowiących istotne pojęcia realizacji ekonomii dobrobytu nie jest eksponowana nauka, lecz innowacje (Stiglitz, 2004, s. 273–275) lub technika, lub działalność B+R (Stiglitz, 2004, s. 410–412). Obie perspektywy i wiele innych są tożsame oraz rozróżniają wąskie i szerokie znaczenie nauki w kontekście dotyczącej jej polityki. Konsekwentne podejście dotyczy rozumienia „aktywności naukowej” i jej pomiaru, w którym kluczowe znaczenie mają publikacje i patenty, ale także instytucje i aparatura naukowo-badawcza, dyscypliny naukowe, tytuły naukowe, etaty, wynagrodzenia i inne.

W kontekście wybranych aspektów pojęciowych artykułu komentarza wymaga także pojęcie SI, które przedstawione zostało w załączniku nr 1 do „Polityki dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od 2020 roku” stanowiącej swego rodzaju podstawę do instrumentalizacji SI (Uchwała..., 2021). Polska polityka rozwoju SI przyjęła za własną definicję „Systemu AI” wypracowaną w ramach OECD przez grupę niezależnych ekspertów AIGO⁷ na podstawie (Russell, Norvig, 2010). Definicja ta stanowi międzynarodowy konsensus w obszarze definicji SI i ponad czterdziestoletnie doświadczenie autorek w tej dziedzinie nie stoi w sprzeczności z tą propozycją. W konsekwencji można przejąć, że „System AI” jest „oparty na koncepcji maszyny, która może wpływać na środowisko, formułując zalecenia, przewidywania lub decyzje dotyczące zadanego zestawu celów. Czyni to, wykorzystując dane wejściowe, dane maszynowe lub ludzkie do:

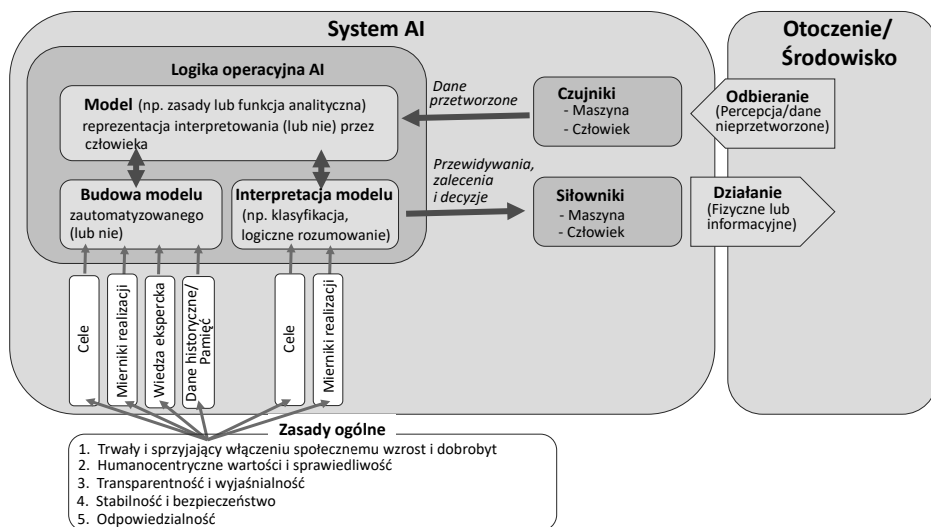
- postrzegania rzeczywistych lub wirtualnych środowisk,
- streszczania takiego postrzegania w modele ręcznie lub automatycznie,
- wykorzystywania interpretacji modeli do formułowania opcji wyników.

W schemacie system sztucznej inteligencji składa się z trzech głównych elementów:

- czujników (sensorów),
- logiki operacyjnej (modeli algorytmów),
- siłowników (aparatu wykonawczego)”.

Zobrazowanie definicji „Systemy AI” opublikowane w polskiej polityce SI stanowi rys. 2.

⁷ W grupie AIGO Polskę reprezentował prawnik Robert Kroplewski. Załącznik nr 1 do „Polityki dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od 2020 roku” (Uchwała..., 2021), s.65, na podstawie: Scoping the OECD AI Principles Deliberations of the Expert Group on artificial Intelligence at the OECD (AIGO). Pobrane z: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/d62f618a-en.pdf?expires=1603987342&id=id&accname=guest&checksum=28E90DC24CF15EF5D-CB93E1076E7ED08>.



Rys. 2. Schemat systemu sztucznej inteligencji

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Uchwała..., 2021).

Do odrębnej grupy stosowanych w artykule pojęć należy zaliczyć „zrównoważony rozwój”, „naukowy światopogląd” oraz burżuazyjna nauka „cybernetyka”, które w artykule zostały zastosowane w potocznym ich rozumieniu. Pojęcia te mają w sobie ciężar instrumentalnych zastosowań, aczkolwiek miało to miejsce w innych okresach rozwoju społeczno-gospodarczego. Pojęcie „naukowy światopogląd”⁸ wyeksponowali francuscy encyklopedyści i stanowiło ono istotny instrument rewolucji francuskiej, a następnie rewolucji komunistycznej i towarzyszyło m.in. „budowie socjalizmu” w Polsce po II wojnie światowej. Zwykle było ono przeciwstawiane nauczaniu Kościoła katolickiego i innym aktywnościom religijnym. Osoby trudniące się pracą intelektualną podejmują się opracowywania swego rodzaju anatomii naukowego światopoglądu w celu wykazania trudności związanych z posiadaniem naukowego sposobu widzenia świata. Jeden z autorów uważa, że „jeśli ktoś twierdzi, że posiada taki pogląd, to [...] czy zdaje sobie do końca sprawę z tego, na czym takie przeświadczenie opiera” (Żmudzki, http). Uważa także, iż takie pytanie warto zadawać zarówno zwykłym śmiertelnikom, jak i wybitnym naukowcom, gdyż jedni i drudzy będą mieli trudności z odpowiedzią, ponieważ „wielość naukowych dyscyplin rodzi bowiem pierwsze z pytań: na których z tak wielu dyscyplin należy przy tworzeniu naukowego światopoglądu się oprzeć?” (Żmudzki, http). Natomiast

⁸ Dla przykładu światopogląd naukowy to „światopogląd mechanistyczny, stworzony na potrzeby religii instytucjonalnej i nowożytnego, scentralizowanego państwa, został narzucony nauce w drugiej połowie siedemnastego wieku. Natomiast swą imponującą karierę zawdzięcza roli, jaką odegrał w ukształtowaniu cywilizacji technicznej i w dokonanej przez nią podboju świata” (Bryczyński, 2011).

pojęcie burżuazyjna nauka „cybernetyka” było stosowane w publicznym obiegu na przełomie lat czterdziestych i pięćdziesiątych XX wieku w bloku państw socjalistycznych, gdzie cybernetyka jako nauka najpierw była nauką negowaną politycznie, potem politycznie gloryfikowaną w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX wieku, aby ostatecznie skazać ją na marginalizację. W kontekście niniejszego opracowania drugorzędne znaczenie ma definicja „cybernetyki”, ale jest to jeden z wielce pouczających przykładów instrumentalizacji dziedziny naukowej. Ponadto pojęcie „zrównoważony rozwój”⁹ ma jeszcze bardziej współczesne znaczenie instrumentalne i w praktyce ma bardzo szerokie zastosowania w zależności od specjalizacji grup nacisku społecznego, gospodarczego lub politycznego, między innymi dotyczącego klimatu¹⁰ lub ochrony środowiska. Oczywiście deprecjacja przykładowych pojęć naukowych przez polityków, społeczników i innych przywódców nie przekreśla rzetelnej dyskusji naukowej wraz z precyzyjnym ich definiowaniem. Niewątpliwie instrumentalizacja pojęcia SI jest wiązana z tymi pojęciami i dlatego zostały one przywołane w ich potocznym znaczeniu.

POMIAR ROZWOJU SI

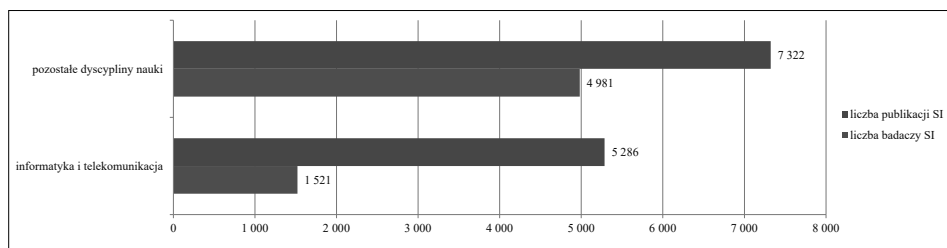
Warte odnotowania są interesujące założenia metodyczne i badania ilościowe OPI, które zostały opracowane na użytek „inwentaryzacji” rozwoju SI w sektorze nauki w Polsce (*Rozwój...*, 2019, s. 2–5, 43–44). W wyniku badań zgodnych z założeniami OPI w latach 2013–2018 w Polsce powstało ponad 12,5 tysiąca publikacji naukowych¹¹ poświęconych SI i tematom jej pokrewnym. W tej dziedzinie w badanym okresie działało ponad 6,5 tysiąca polskich badaczy¹². Według wspomnianych założeń metodycznych wyodrębniono m.in. dwie dyscypliny naukowe, jakimi jest informatyka i telekomunikacja, co wykazuje znaczącą ich rolę (23% badaczy zrealizowało 42% publikacji), a obrazuje te wyniki rys. 3.

⁹ Dla przykładu internetowa encyklopedia wyjaśnia, że „Na obecnym poziomie cywilizacyjnym możliwy jest rozwój zrównoważony, to jest taki rozwój, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie”. Pobrane z: https://pl.wikipedia.org/wiki/Zr%C3%B3wnowa%C5%BCony_rozw%C3%B3j.

¹⁰ Dla przykładu wojna Rosji z Ukrainą ujawniła, że Niemcy są ofiarami forsowanej przez siebie i traktowanej instrumentalnie polityki klimatycznej, według dr Michaela Hesemana, w artkule pt. „Ofiary polityki klimatycznej. Niemcy pogrążeni w najcięższym kryzysie energetycznym od czasów II wojny światowej”, ND nr 7430, 2022, s. 12.

¹¹ Liczba wytworów aktywności pracowników naukowych zwana publikacjami jest jedną z prostych miar rozwoju nauki, choć jest ona kontrowersyjna.

¹² Jedną z istotnych i relatywnie prostych miar rozwoju nauki jest liczba osób „uprawiających” naukę, choć różnorodność ich definicji i klasyfikacji budzi wiele wątpliwości. W Polsce zwyczajowo stosowane jest pojęcie „pracownik naukowy”, a w badaniach OPI zastosowano pojęcie „badacz” (ang. *researcher*), które według słownika Google oznacza osobę, która prowadzi badania akademickie lub naukowe.



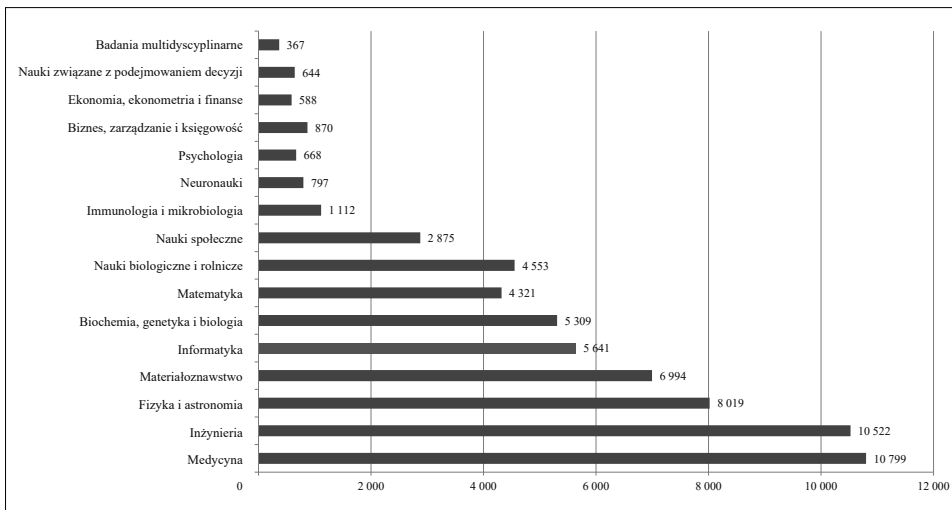
Rys. 3. Liczba badaczy i publikacji sztucznej inteligencji w latach 2013–2018 w Polsce

Źródło: opracowanie na podstawie (Borowiecki, Mieczkowski, 2019, s. 6).

W komentarzu do rysunku 3. należy podkreślić, że z dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych oraz inżynierijno-technicznych w badanym okresie zidentyfikowano także znaczącą liczbę badaczy¹³ w następujących dyscyplinach naukowych: inżynierii mechanicznej (664); automatyce, elektronice i elektrotechnice (520); inżynierii lądowej i transporcie (329); inżynierii środowiska, górnictwie i energetyce (291); naukach fizycznych; inżynierii biomedycznej (157) oraz innych (*Rozwój...*, 2019, s. 7). Natomiast z nauk humanistycznych, społecznych, teologicznych i sztuki w badanym okresie zidentyfikowano znaczącą liczbę badaczy w dwóch dyscyplinach naukowych: nauki o zarządzaniu i jakości (369) oraz ekonomia i finanse (147) (*Rozwój...*, 2019, s. 8). Ponadto w naukach medycznych, w naukach o zdrowiu i naukach rolniczych znaczącą liczbę badaczy zidentyfikowano w naukach medycznych (133) (*Rozwój...*, 2019, s. 9).

Sześćioletni okres pomiarów upoważnia już do obliczenia średniej rocznej liczby publikacji naukowych poświęconych SI i tematom jej pokrewnym w latach 2013–2018, tj. blisko 2,1 tys. (przy zastrzeżeniu znaczącej dynamiki wzrostowej) i pozwala na porównania z badaniami bibliograficznymi GUS w 2018 roku. Niewątpliwie nie wszystkie publikacje z informatyki są poświęcone SI, ale rys. 4. daje pewien punkt odniesienia, gdyż ogółem w Polsce wszystkie dziedziny tematyczne odnotowały w 2018 roku 87 428 publikacji naukowych, choć było ich 49 488 (*Nauka ...*, 2020, tablica 1(37)), a w ramach informatyki opublikowano ponad 5,6 tys. pozycji. Obrazuje on, że wyniki badań w tym zakresie są bardzo uzależnione od przyjętych definicji i prawdopodobnie byłyby znacząco odmienne (pomiędzy lub ponad 2,1–5,6 tys. pozycji), gdyby zastosowano np. definicję SI ze słownika Google określającego, iż SI jest to „teoria i rozwój systemów komputerowych zdolnych do wykonywania zadań, które normalnie wymagają ludzkiej inteligencji, takich jak percepcja wzrokowa, rozpoznawanie mowy, podejmowanie decyzji i tłumaczenie między językami”.

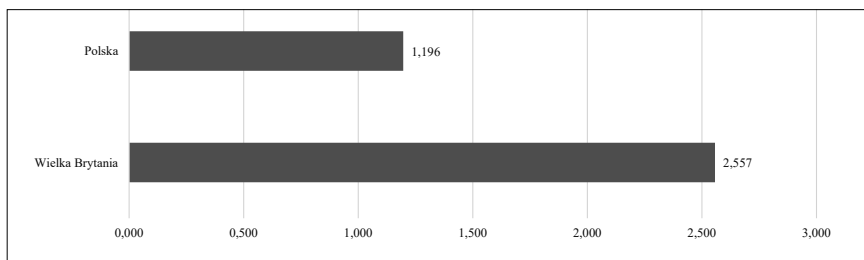
¹³ Liczba badaczy, którzy w latach 2013–2018 opublikowali co najmniej jedną pracę z zakresu sztucznej inteligencji.



Rys. 4. Liczba publikacji z polską afiliacją według wybranych dziedzin tematycznych w 2018 r. z zakresu problematyki sztucznej inteligencji

Źródło: opracowanie na podstawie wyników badań GUS: (*Nauka ...*, 2020) – tablice Excel, Dział 3. Bibliometria. Tablica 3 (39).

Kontynuując odniesienia do pomiarów OPI i GUS (i pamiętając proporcje ok. 5 tys. publikacji w dziedzinie Informatyka do ok. 50 tys. publikacji ogółem w 2018 roku w Polsce) warto także zatrzymać się na porównaniach z pomiarami międzynarodowymi zobrazowanymi na rys. 5. i rys. 6. Wydaje się, że porównania ogólnej liczby publikacji naukowych z wybranych krajów afiliacji np. Wielkiej Brytanii i Polski pozwolą także na odnalezienie ogólnych proporcji w kontekście liczby na 1 tys. mieszkańców i liczby cytowań.

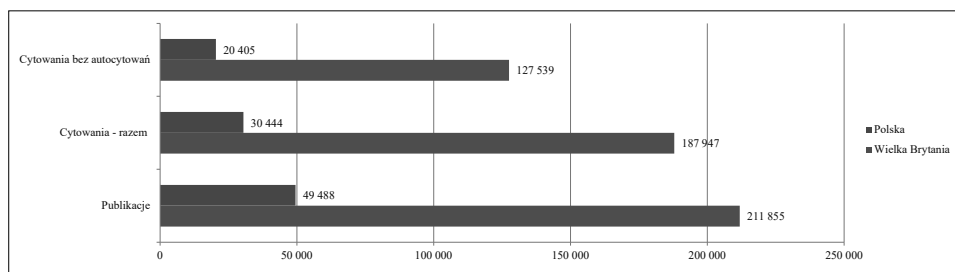


Rys. 5. Liczba publikacji naukowych na 1 tys. mieszkańców dla Polski i Wielkiej Brytanii w 2018 r.

Źródło: opracowanie na podstawie wyników badań GUS: (*Nauka ...*, 2020) – Tablica 2 (38).

W wyniku badań OPI dotyczących liczby badaczy i liczby publikacji poświęconych SI i tematom jej pokrewnym w latach 2013–2018 opracowano ranking 20

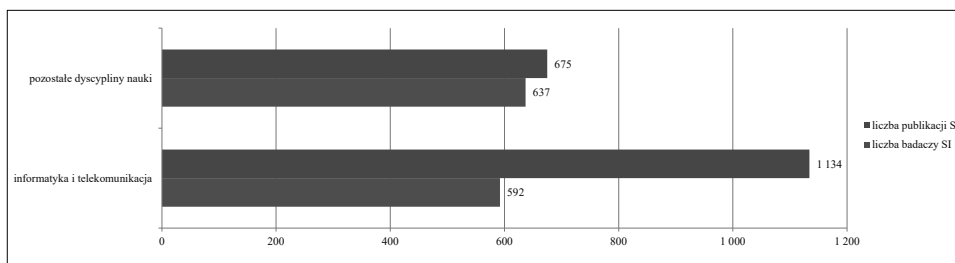
instytucji¹⁴, który doprowadził do wskazania centrów naukowych rozwijających technologię SI w Polsce (*Rozwój...*, 2019, s. 14), tj. Akademię Górniczo-Hutniczą, Politechnikę Warszawską, Politechnikę Śląską, Politechnikę Wrocławską i Uniwersytet Warszawski (*Rozwój...*, 2019, s. 14–15, 40–41). W tym przypadku kryterium ilościowe spowodowało dominację nauk ścisłych i przyrodniczych oraz inżynieryjno-technicznych, a w konsekwencji deprecjację pozostałych nauk, w ramach których mają miejsce także znaczące badania w zakresie SI.



Rys. 6. Liczba publikacji naukowych i cytowań dla Polski i Wielkiej Brytanii w 2018 r.

Źródło: opracowanie na podstawie wyników badań GUS: (*Nauka ...*, 2020) – Tablica 1 (37).

W wyniku pomiaru OPI przeprowadzono także analizę dotyczącą badaczy SI i ich publikacji w prestiżowych czasopismach zagranicznych. W prestiżowych czasopismach opublikowano 14,3% prac, których autorami było 18,9% polskich badaczy SI. Na rysunku 7. uwidoczniiona jest wiodąca liczebność publikacji afiliowanych przez informatykę i telekomunikację (48% badaczy zrealizowało 63% publikacji).



Rys. 7. Liczba polskich badaczy sztucznej inteligencji i ich publikacji w prestiżowych, międzynarodowych czasopismach w latach 2013–2018

Źródło: opracowanie na podstawie (*Rozwój ...*, 2019, s. 24).

W komentarzu do rysunku 7. warto podkreślić, że ponad 14% publikacji polskich badaczy SI w prestiżowych, międzynarodowych czasopismach (tj. ponad

¹⁴ Ranking 20 instytucji, w których w latach 2013–2018 opublikowano największą liczbę prac naukowych z zakresu sztucznej inteligencji.

1800 publikacji w badanym okresie, czyli średnio 300 publikacji rocznie) charakteryzuje znacznie ograniczony dostęp do zawartej tam wiedzy przez pozostałych polskich badaczy pracujących w polskim sektorze nauki (brak lub utrudniony dostęp do treści z powodów finansowych). Oznacza to, iż jest to prestiżowy wskaźnik. Jednocześnie podkreślić warto, że powoduje on niesprzyjające i niesymetryczne warunki rozwojowe w porównaniu do badaczy zagranicznych.

Nie ulega wątpliwości, że historia i początki rozwoju SI miały charakter różnorodnych idei, a do tej historii (https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_artificial_intelligence; https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_artificial_intelligence; https://en.wikipedia.org/wiki/Progress_in_artificial_intelligence) włączany jest także okres mitów i legend (choć anglojęzyczna encyklopedia nie odnotowała Prometeusza (Bańka, 1980; Sala, Tańska, 2003; Sala, Tańska, 2008; Sala, Tańska, 2013) oraz nurt *science fiction* (choć nie zauważa ona dorobku Stanisława Lema). Na osi czasu historycznego podejścia do definicji SI wyodrębnia się trzy główne okresy, tj. przed XX wiekiem, XX wiek oraz XXI wiek. W wieku XX zagregowane jest pierwsze półwieku, a potem identyfikuje się odrębnie każde dziesięciolecie. Fakty przywołane na osi czasu stanowią swego rodzaju inwentaryzację idei ich autorów. Wydaje się jednak, iż rozwój SI w drugiej dekadzie XXI wieku można już utożsamiać z ideologią (Sala, Tańska, 2017, s. 53–63), o czym mogą świadczyć między innymi działania i opracowania polityków UE.

UWARUNKOWANIA/BARIERY ROZWOJU SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

Doświadczenia historyczne dowodzą, iż objęcie patronatem kultury i nauki przez władców poszczególnych państw skutkowało wzrostem ich dobrobytu (Stiglitz, 2004; Sala, 2013; Sala, Tańska, 2015a; Sala, Tańska, 2015b; Sala, Tańska, 2019; Sala, Tańska, 2020). Wzorem tych doświadczeń próbują podążać współcześni politycy. W różnych krajach i w różnych okresach zainteresowanie polityków przybierało różny charakter. Autorki pamiętają jeszcze czasy naukowego światopoglądu w państwach obozu socjalistycznego oraz okres utajnienia wyników badań statystycznych GUS¹⁵. Pamiętają także zmianę polityki od krytyki burżuazyjnej nauki „cybernetyka” do wprowadzania na początku lat siedemdziesiątych XX wieku elitarnych instytutów na polskich uczelniach oraz kierunków studiów łączących cybernetykę i informatykę (którego są absolwentkami). Na informaty-

¹⁵ W latach 1950–1955 statystyka była nieobecna na forum publicznym, wyniki badań GUS nie były publikowane. Wynikało to z ustawy z dnia 28 marca 1952 r. o zmianie zakresu działalności władz naczelnych w dziedzinie statystyki państwowej. Administracja państwowa i partyjna otrzymywała informacje z GUS z klauzulą „poufne”, „do użytku wewnętrznego”, „do użytku służbowego”, „tajne” (w tym: monitoringi, informacje dekadowe, miesięczne, kwartalne i roczne) (zob. <https://100latgus.stat.gov.pl/historia-gus/rys-historyczny> [dostęp 2020.06.15]).

zacji budowali swoją karierę polityczną między innymi prezydent amerykański i kanclerz niemiecki eksponując politykę wykorzystującą słowa klucze „infostrada” i „przemysł 4.0”.

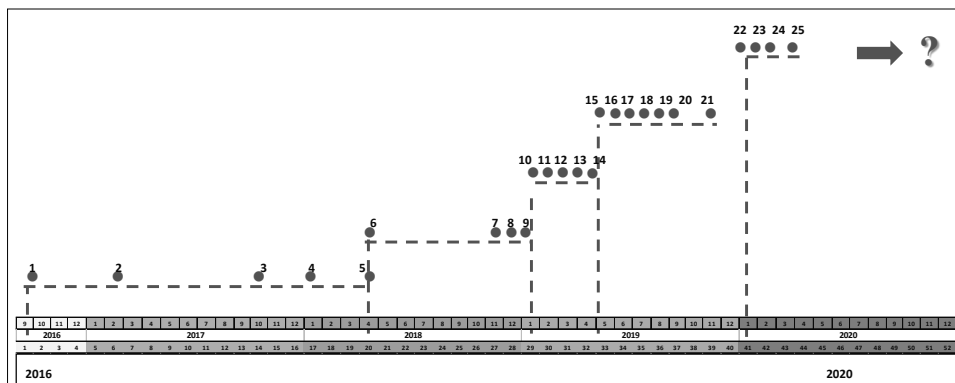
Podkreślić należy, że w latach 2018–2020 wiele wydarzyło się w kontekście aktywności politycznej związanej z SI. Zaktywizowały się organizacje ponadnarodowe (tj. OECD, UE) i rządy wielu państw, w tym rząd polski. Wypracowany został konsensus definicyjny (*Polityka...*, s. 81–85) i zainicjowany monitoring polityki SI (ang. *AI Policy Observatory*)¹⁶, stanowiący swego rodzaju próbę rozszerzenia perspektywy standardu z Frascati (Baruffaldi i in., 2020). Niewątpliwie słuszną jest argumentacja ekspertów OECD z grupy badawczej „*Science, Technology and Industry*”, że konieczne jest regularne przygotowywanie danych pomiarowych i empirycznych dotyczących rozwoju SI, gdyż aktualnie ma ona istotne znaczenie dla decyzji gospodarczych i politycznych (Baruffaldi i in., 2020, s. 57). Poszukiwania właściwego podejścia do badania rozwoju naukowego SI (przy pomocy liczby publikacji naukowych) przez ekspertów OECD są zbieżne z podejściem polskich ekspertów OPI, niemniej jednak wyniki badań OECD dodatkowo włączają pomiary rozwoju technologii SI (przy pomocy liczby patentów) oraz danych związanych z oprogramowaniem, a w szczególności typu „open source”. Stosowanie tych miar także jest zbieżne z podejściem GUS.

Wyniki badań OECD i OPI są porównywalne w obszarze publikacji naukowych związanych z SI. Badania OECD dotyczyły głównie dwóch okresów badawczych: 2004–2006 oraz 2014–2016, ale nie zostały one ujednolicone i częściowo dotyczyły także 1996 roku oraz lat 2006–2018 w zależności od dostępnych danych źródłowych. OPI ujednoliciło okres badawczy do lat 2013–2018. OECD planuje kontynuować badania SI w celu lepszego zrozumienia zjawiska oraz wsparcia polityki rozwoju i zastosowań SI (Baruffaldi i in., 2020, s. 57).

Unia Europejska w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych XX w. wykreowała polityczną interpretację słowa klucza „społeczeństwo informacyjne”, potem „robotyzacja”, a obecnie „sztuczna inteligencja”. Autorki monitorowały i analizowały regulacje formalno-prawne dotyczące społeczeństwa informacyjnego i robotyzacji. W tym kontekście warto zasygnalizować, iż istotną rolę w relacji nauka-polityka odgrywa biznes (ekonomia). W przypadku słowa klucza „sztuczna inteligencja” należy przywołać znaczenie komunikatu Komisji Europejskiej z 2018 roku (*Sztuczna...*, 2018), w którym UE sygnalizuje państwom członkowskim m.in. konieczność zwiększania potencjału naukowego, doprowadzania do zmian społeczno-gospodarczych i etycznych oraz opracowania skoordynowanego planu rozwoju SI. Polska wywiązała się z tych zaleceń i w konsekwencji sformułowano politykę dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od 2020 roku (Uchwała..., 2021).

¹⁶ Portal OECD BETTER POLICIES FOR BETTER LIVES (zob. <https://www.oecd.org/going-digital/ai/>).

W 2020 roku polski rząd uznał za stosowne opublikować 25 zdarzeń związanych z rozwojem SI począwszy od 2016 roku (*Polska...*, 2020). Dynamikę kalendarza realizacji polityki w zakresie rozwoju SI obrazuje rys. 8., gdzie każdy z 25 punktów na osi czasu symbolizuje konkretny krok sformalizowany dokumentem o randze krajowej lub międzynarodowej. Dokumenty te odnoszą się między innymi do: maksymalizacji korzyści płynących z SI, mapy drogowej rozwoju SI, budowania zaufania do SI, wytycznych w zakresie etyki SI, bezpieczeństwa i odpowiedzialności, globalnego monitorowania i analizy rozwoju SI. Wcześniejsze decyzje w wymiarze politycznym (w ramach współpracy w strukturach RWPG) w sposób interesujący odnotowuje A. Targowski (2013). Jest to obszerne opracowanie (ponad 400 stron), które w sposób dojrzały syntezyzuje wszystkie wcześniejsze publikacje autora wskazujące wpływ polityki na rozwój komputeryzacji w latach 1970–2012. Sytuacja rozwoju komputerów (informatyki, SI) w ZSRR i krajach Europy Wschodniej (krajach socjalistycznych) jest przedstawiona w rozdziale 3 od lat czterdziestych XX wieku, a w Polsce – w rozdziałach 4–7 od XIX wieku do 1989 roku. To historyczne ujęcie umożliwia porównanie zjawiska politycznej instrumentalizacji rozwoju nauki w XX i XXI wieku oraz umożliwia przewidywanie skutków tego zjawiska we współczesnych czasach i uwarunkowaniach politycznych oraz społeczno-gospodarczych.



Rys. 8. Dynamika kalendarza publikacji dokumentów stanowiących realizację polityki rozwoju SI w Polsce

Źródło: opracowanie na podstawie (*Polska...*, 2020).

Współpraca państw UE w zakresie statystyki w ramach EUROSTAT obejmuje temat „*Science, technology and digital society*”, który jest podzielony na dwa obszary „*Science, technology and innovation*” oraz „*Digital economy and society*”. Syntetyczny komentarz pierwszego obszaru został przedstawiony powyżej. Natomiast w drugim obszarze pomiary polskiego społeczeństwa informacyjnego realizuje GUS i publikuje w podziale na wykorzystanie ICT przez:

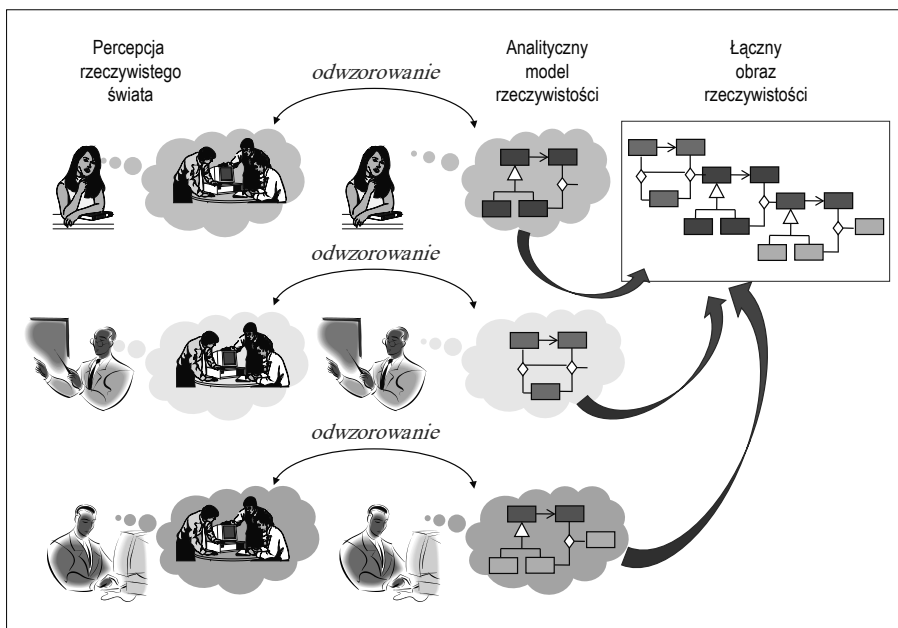
przedsiębiorstwa, gospodarstwa domowe i administrację publiczną. Niewątpliwie w kontekście międzynarodowych rankingów UE i OECD wykorzystanie ICT w polskich przedsiębiorstwach jest lokowane na końcowych pozycjach (Tańska, 2018), a w konsekwencji tak jest w przypadku zastosowań SI. Jedną z przyczyn jest, że 88% polskich przedsiębiorstw nie zatrudnia specjalistów ICT, tj. ok. 84 tys. przedsiębiorstw (dużych, średnich i małych). Pozostałe ok. 12 tys. polskich przedsiębiorstw (12%) zatrudniających specjalistów ICT w 57% (tj. ok. 7 tys.) nie zapewnia szkoleń swoim specjalistom ICT, co wobec szybkiego rozwoju rozwiązań ICT i AI stanowi istotną barierę innowacyjnych zastosowań (co potwierdzają publikacje GUS z obszaru pierwszego).

Wobec powyższego warto postawić pytanie do czego są potrzebni specjaliści ICT w przedsiębiorstwach? W Polsce często sprowadza się ich obowiązki do wymiany toneru w drukarkach i podobnych czynności podstawowego serwisu (Sala, Tańska, 2017), co niewątpliwie w przypadku tylko takich potrzeb wygodniej rozwiązuje outsourcing tych usług. Powszechnie wydaje się, że najnowsze rozwiązania SI można zakupić wyłącznie od renomowanych, zagranicznych firm informatycznych i wewnątrzni specjaliści ICT nie są potrzebni. Niestety, jest to szkodliwy stereotyp myślenia polskich managerów, co jest skutkiem wieloletnich błędów programowych ich kształcenia w Polsce (od lat osiemdziesiątych XX w.). Do efektywnego wdrożenia rozwiązań informatycznych (zarówno dedykowanych jak i uniwersalnych) w praktyce biznesowej przedsiębiorstwa niezbędne jest głębokie wykształcenie informatyczne i doskonała znajomość specyfiki konkretnego przedsiębiorstwa. Zewnętrzni specjaliści ICT nie są w stanie zrealizować wdrożenia bez współpracy z dobrze przygotowanymi wewnętrznymi specjalistami ICT.

Na umiejętności specjalistów ICT można spojrzeć z dwóch perspektyw: edukacyjnej i zawodowej. Edukacja akademicka stosuje grupowanie umiejętności w postaci efektów kształcenia w odniesieniu do przedmiotów i kierunków kształcenia. Upraszczając edukacyjne umiejętności specjalistów ICT można pogrupować na analityczne, projektowania, programowania, wdrażania i administrowania infrastrukturą ICT. Niestety, w Polsce brakuje kierunków studiów ściśle dedykowanych SI, a najbardziej deficytowe i stopniowo wyłączane z edukacji wyższej są umiejętności analizy i projektowania systemów informatycznych, które są niezbędne do zespołowego i złożonego procesu modelowania rzeczywistości. Oczekiwane na rynku pracy umiejętności specjalistów ICT (tj. z perspektywy zawodowej) także charakteryzują się dużą dynamiką. Istotę owych umiejętności syntetycznie przedstawia rys. 9. Można przyjąć za (Ford, Bradshaw, 1993) oraz (Hopgood, 1993), że istotę rozwoju SI stanowi sprawność projektowania systemów opartych na wiedzy¹⁷, a projektowanie to wymaga skupienia uwagi na

¹⁷ Oczywiście nie zawsze systemy informacyjne wymagają stosowania sztucznej inteligencji.

procesie zdobywania wiedzy (ang. *knowledge acquisition*). Niewątpliwie proces zdobywania wiedzy jest elementem procesu modelowania rzeczywistości i należy zgodzić się z autorami, że nie można go marginalizować jedynie do „transferu wiedzy” lub „wydobycia wiedzy”. Aczkolwiek zgodzić się trzeba (Sowa, 2000, s. 132), że konieczny jest rozwój inżynierii wiedzy rozumianej jako zastosowanie logiki i ontologii w celu zbudowania obliczalnych modeli konkretnej dziedziny w jakimś celu. Wobec powyższego zobrazowany na rys. 9. proces modelowania rzeczywistości stanowi podstawę zastosowań SI zgodnie ze zidentyfikowanymi potrzebami i możliwościami. Sprawna percepcja rzeczywistego świata wymaga sprawnych analityków i projektantów SI, a w przekonaniu autorek w Polsce widoczny jest wyraźny ich deficyt.



Rys. 9. Uproszczony proces zespołowego modelowania rzeczywistości inicjujący identyfikację potrzeb i możliwości zastosowania SI

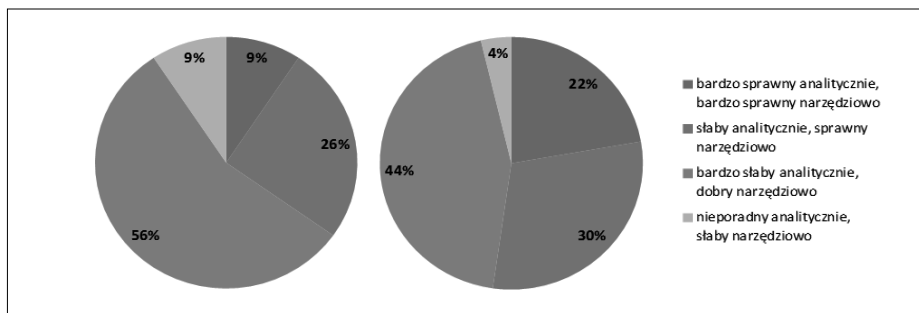
Odcienie szarości ilustrują różnorodność indywidualnych percepcji, odwzorowań i modeli rzeczywistości

Źródło: opracowanie własne.

W komentarzu do rysunku 9. należy podkreślić, że są na nim symbolicznie przedstawione trzy zespoły analityczne i projektowe pracujące równolegle, które z założenia mają odmienne spojrzenia na rzeczywistość i w wyniku ich prac powstają odmienne modele rzeczywistości. Dopiero zintegrowanie tych trzech modeli daje w wyniku łączny obraz rzeczywistości. Potrzeba eksponowania umiejętności

analitycznych i projektowych wśród specjalistów ICT nie wynika tylko z edukacyjnych doświadczeń autorek, ale także z praktyki gospodarczej i prowadzonych badań naukowych od ponad 40 lat. Dla przykładu znaczący postęp w użyteczności SI przyniosły analiza i projektowanie interfejsów dialogowych świadczących o sprawnej interakcji człowiek-komputer (ang. *Human-Computer Interaction*, HCI) (Carroll, 2002, s. XXVII), a w szczególności umiejętności analizowania i opisywania zawodów i zadań, które ludzie wykonują, aby mogli być obsługiwani przez interaktywne systemy komputerowe (Smith-Atakan, 2006, s. 62).

Potwierdzeniem obniżenia poziomu umiejętności analitycznych są wyniki badań własnych. Autorki w 2017 roku przeprowadziły badania wśród aktywnych zawodowo polskich specjalistów ICT w wieku do 34 lat (847 osób). Celem badań była autodiagnoza polegająca na ocenie własnych umiejętności zawodowych respondentów (Tańska, 2018, s. 280–286). Do samooceny autorki udostępniły zestaw 99 umiejętności¹⁸ specjalistów ICT. W wyniku samooceny respondenci zakwalifikowali siebie do jednej z dwóch grup tj. deklarujących doświadczenie zawodowe (204 osoby) i brak znaczącego doświadczenia zawodowego (643 osoby). Na rysunku 10. przedstawione są syntetyczne wyniki, które powstały przez agregację szczegółowych 99 umiejętności do dwóch rodzajów: umiejętności analitycznych i umiejętności narzędziowych.



Rys. 10. Autodiagnoza kompetencji własnych specjalistów ICT w 2017 roku

rys. z lewej strony – brak znaczącego doświadczenia; rys. z prawej strony – doświadczenie zawodowe.

Źródło: opracowanie własne na podstawie kwestionariuszy ankietowych.

Bardzo złym prognostykiem dla zastosowań SI w polskich przedsiębiorstwach jest przeprowadzona autodiagnoza, z której wynika, że za słabych, bardzo słabych i nieporadnych analitycznie uważa się 78% doświadczonych specjalistów

¹⁸ Umiejętności zostały pogrupowane zgodnie z metodyką Instytutu Technologii Eksploatacji w 17 zadań zawodowych reprezentujących 4 główne kategorie zadaniowe: technologiczne, organizacyjne, kierowania i współpracy oraz kontroli i oceny jakości systemu informatycznego. W badaniu pominięto cechy psychofizyczne (zob. <https://www.itee.lukasiewicz.gov.pl/obszary/centrum-badan-edukacji-zawodowej-i-zarzadzania-innowacjami>).

ICT w wieku do 34 lat oraz 91% bez znaczącego doświadczenia zawodowego. Niewątpliwie wyniki tego badania upoważniają do uogólnień i stanowią one czytelne potwierdzenie wcześniejszych publikacji autorek. Na pogłębienie pesymistycznych rokowań dla zastosowań SI w polskich przedsiębiorstwach warto jeszcze przywołać wielkość nakładów ICT, gdyż dla przykładu w 2015 roku aż 42% polskich przedsiębiorstw nie poniosło nakładów na ICT, a tylko 4% przedsiębiorstw poniosło nakłady na własne opracowanie lub modyfikację oprogramowania. Wobec powyższego, brak dobrych perspektyw zastosowań SI w praktyce gospodarczej jest istotnym uwarunkowaniem i jednocześnie barierą rozwoju SI w Polsce. Niestety, pomiar ten w latach wcześniejszych i późniejszych jest na podobnym poziomie. Wydaje się, że nie trzeba przywoływać dodatkowych argumentów obrazujących negatywne uwarunkowania rozwoju i zastosowań SI w polskich przedsiębiorstwach i można na tej podstawie sformułować uogólnienie w postaci zjawiska przyczynowo-skutkowego słabości polskich przedsiębiorstw, które jest zobrazowane na rys. 11.



Rys. 11. Zjawisko przyczynowo-skutkowe słabości badanych polskich przedsiębiorstw

Źródło: opracowanie własne.

Istotnym uwarunkowaniem rozwoju SI w Polsce jest model zjawiska przyczynowo-skutkowej słabości przedsiębiorstw. Konsekwencje ekonomiczne (biznesowe) sytuacji w polskich przedsiębiorstwach można sprowadzić do słabego zarządzania informacją, małej otwartości na zmiany i niskiej kreatywności w zarządzaniu informacją. Potwierdzają je słabe rankingi polskiego społeczeństwa informacyjnego i evidentna jest potrzeba zmian metodycznych w polskich strategiach rozwoju politycznego, społecznego, gospodarczego i naukowego, a w szczególności w kontekście SI. Niestety, liczne i niewątpliwie kosztowne pomiary uwarunkowań rozwoju SI nie znajdują właściwego ich zrozumienia i rangi ani środowisk akademickich, ani biznesowych, ani politycznych. Specyfika polskich uwarunkowań wymaga specyficznych rozwiązań metodycznych (metodologicznych), które nie mogą stanowić prostej kopii rozwiązań europejskich i globalnych. Nieuwzględnienie sprzę-

żenia zwrotnego zasygnalizowanego na rys. 11. zagraża trwaniem w iteracyjnym schemacie „błędnego koła”, nie tylko w obszarze przedsiębiorstw innowacyjnych, ale we wszystkich pozostałych obszarach (społeczeństwo, nauka, edukacja, współpraca międzynarodowa, sektor publiczny) wyodrębnionych w polityce dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od 2020 roku (Uchwała..., 2021).

PODSUMOWANIE

Główne aspekty instrumentalizacji rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce (w tym także w polityce aktywności naukowej) można sprowadzić do następujących tez:

- historia i początki rozwoju SI miały charakter różnorodnych idei i warto ich nie ignorować, a ponadto warto monitorować najnowsze fakty przywołane na osi czasu rozwoju SI (rys. 8.) stanowiące swego rodzaju inwentaryzację realizacji polityki o randze krajowej lub międzynarodowej w zakresie rozwoju SI;
- niestety, rozwój SI w drugiej dekadzie XXI w. można już utożsamiać z ideologią, gdyż zakres i intensywność zainteresowania SI zaczynają kształtować komunikację między ludźmi oraz zagrażają politycznymi i kulturowymi hegemonią, a w konsekwencji powrotem czasów naukowego światopoglądu;
- benchmarking państw dobrobytu jest użytecznym instrumentem weryfikacji polityki naukowej i innowacyjnej w zakresie SI, ale ta skuteczna metoda nie powinna sprowadzać się tylko do kopiowania rozwiązań, a zainicjowane przez rząd polski w 2019 roku konsultacje społeczne powinny być bardziej transparentne;
- niewątpliwie istotne jest monitorowanie znaczenia polityki naukowej i innowacyjnej w osiąganiu idei państwa dobrobytu (np. zgodnie z systematyzacją laureata Nagrody Nobla J. Stiglitz), gdyż może ono dostarczyć argumentów gwarantujących obiektywizację zakładanych wyników polityki rozwoju SI w Polsce oraz uchronienie się przed utopijnością i aktywnością wizerunkową tej polityki (oszczędnością kosztów w znaczeniu ekonomicznym i społecznym);
- terminologia SI i jej pomiaru wymaga jeszcze znaczącej weryfikacji z uwzględnieniem polskiego dorobku, także w kontekście idei i wartości;
- istotne bariery/uwarunkowania perspektywicznego rozwoju SI w Polsce to głównie:
 - niski poziom zastosowań SI w gospodarce (i niski poziom nakładów przedsiębiorstw), co jednoznacznie wykazują wyniki wieloletnich badań GUS w ramach obszaru tematycznego „Nauka i technika. Społeczeństwo informacyjne” plasujące się na końcowych pozycjach rankingów EU i OECD,
 - znaczący odsetek słabych, bardzo słabych i nieporadnych analitycznie specjalistów ICT, co głównie potwierdzają wieloletnie doświadczenia i badania własne autorek,

- szkodliwy stereotyp myślenia polskich managerów, iż rozwiązania SI można zakupić wyłącznie od renomowanych, zagranicznych firm informatycznych (co ma wpływ na błędy zatrudniania i szkolenia polskich specjalistów ICT),
- konieczna jest kategoryczna i konsekwentna likwidacja barier rozwoju SI w Polsce;
- istotna jest identyfikacja i sprawna realizacja celów polityki rozwoju SI w kontekście ogólnoświatowym, europejskim i polskim;
- przydatna byłaby ściślejsza współpraca metodologiczna podmiotów kreujących pomiary rozwoju SI w Polsce.

Powyższe tezy nie wyczerpują problematyki instrumentalizacji rozwoju SI, niemniej mają one bezwzględnie kluczowe znaczenie dla ucieczki od realnej marginalizacji rozwoju SI w Polsce. Z wielu zidentyfikowanych luk informacyjnych w artykule zasygnalizowano: lukę edukacyjną, lukę kompetencyjną, lukę pokoleniową, lukę wiedzy, lukę aksjomatyczną, lukę rozwojową, lukę organizacyjną. Uwzględnienie zasygnalizowanych luk jest ważne, aby rozwój SI nie miał w Polsce wyłącznie charakteru wizerunkowego, lecz gwarantował zrównoważony rozwój.

BIBLIOGRAFIA

- Artiemjew, P. (2013). *Wybrane paradygmaty sztucznej inteligencji*. Warszawa: Polsko-Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych.
- Bańka, J. (1980). *Filozofia techniki. Człowiek wobec odkrycia naukowego i technicznego*. Katowice: Wydawnictwo „Śląsk”.
- Baruffaldi, S., van Beuzekom, B., Dernis, H., Harhoff, D., Rao, N., Rosenfeld, D., Squicciarini, M. (2020). Identifying and measuring developments in artificial intelligence: Making the impossible possible. OECD Science. Technology and Industry *Working Papers*, 5, 1–68. DOI:10.1787/5f65ff7e-en.
- Bellman, R.E. (1978). *An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think?* San Francisco: Beyd & Fraser Publishing Company.
- Borowiecki, Ł., Mieczkowski, P. (2019). *Map of Polish Science in the field of AI*. Wrocław: National Information Processing – Digital Poland.
- Bryczyński, M. (2011). *Mit nauki. Paradygmaty i dogmaty*. Warszawa: Eneteia.
- Carroll, J.M. (2001). *Human-Computer Interaction in the New Millennium*. Noida: Pearson Education India.
- Charniak, E., McDermontt, D. (1985). *Introduction to Artificial Intelligence*. Boston: Addison-Wesley.
- Ertel, V. (2017). *Introduction to Artificial Intelligence. Second edition*. Berlin: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-58487-4.
- Flakiewicz, W., Oleński, J. (1989). *Cybernetyka ekonomiczna*. Warszawa: PWE.
- Ford, K.M., Bradshaw, J.M. (1993). Knowledge Acquisition as Modeling. Part I, *International Journal of Intelligent Systems*, 8(1), 9–32.

- Frascati, M. (2015). *Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*. Paris: OECD.
- Gregor, B., Kaczorowska-Spychalska, D. (2020). *Technologie cyfrowe w biznesie: przedsiębiorstwa 4.0 a sztuczna inteligencja*. Warszawa: PWN.
- Haugeland, J. (red.). (1985). *Artificial Intelligence: The Very Idea*. Cambridge: MIT Press.
- Heseman, M. (2022). Ofiary polityki klimatycznej. Niemcy pogrążeni w naj-cięższym kryzysie energetycznym od czasów II wojny światowej. *Nasz Dziennik*, 7430 (19.07.2022), 12.
- Hopgood, A.A. (1993). *Knowledge – Based Systems for Engineers and Scientists*. London: CRC Press, Inc.
- Kurzweil, R. (1990). *The Age of Intelligent Machines*. Cambridge: MIT Press.
- Nauka i technika w 2018*. (2020). Warszawa: GUS.
- Nilsson, N.J. (1998). *Artificial Intelligence: A New Synthesis*. Burlington-Massachusetts: Morgan Kaufmann.
- Polityka Rozwoju Sztucznej Inteligencji w Polsce na lata 2019–2027. Godna zaufania sztuczna inteligencja. Autonomia i konkurencja. Projekt dla konsultacji społecznych. (2019). Rzeczpospolita Polska, Warszawa, 20 sierpień 2019 r.
- Polska droga do Strategii AI*. Ministerstwo Cyfryzacji. Pobrane z: <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/ai> (2020.05.11).
- Pomiar działalności naukowo-technicznej i innowacyjnej*. Podręcznik Frascati 2015. Zalecenia dotyczące pozyskiwania i prezentowania danych z zakresu działalności badawczej i rozwojowej, 2015 OECD – 2018 GUS.
- Poole, D., Mackworth, A.K., Goebel, R. (1998). *Computational intelligence: A logical approach*. Oxford: University Press.
- Rich, E., Knight, K. (1991). *Artificial Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Rozwój sztucznej inteligencji w sektorze nauki w Polsce. Badanie stanu przygotowania uczelni i ośrodków naukowych w Polsce do prowadzenia badań nad sztuczną inteligencją (SI) oraz ich oferty edukacyjnej w zakresie kształcenia specjalistów SI. Badacze SI i ich publikacje w latach 2013–2018*. (2019). Warszawa: Ośrodek Przetwarzania Informacji. Pobrane z: www.opi.org.pl (2020.05.11).
- Russell, S., Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence a modern Approach*. New Jersey: Pearson Education, Inc. publishing as Prentice Hall.
- Sala, J. (2013). Oblicza dobrobytu na przestrzeni wieków w kontekście polskiej myśli ekonomicznej. W: W. Łysiak-Szydłowska, K. Strzała (red.), *Oblicza dobrobytu: perspektywa nauk ekonomicznych* (s. 23–32). Kwidzyn: Powiślańska Szkoła Wyższa.
- Sala, J., Tańska, H. (2003). Poszukiwanie efektywności zastosowań systemów informatycznych. W: Z. Szyjewski, J.K. Grabara, J.S. Nowak (red.), *Efektywność zastosowań systemów informatycznych 2002* (s. 113–121). Warszawa-Szczyrk: WNT.
- Sala, J., Tańska, H. (2008). *Quo Vadis*. Kraków: Proceedings of the IEEE Conference on Human System Interaction HIS'08.
- Sala, J., Tańska, H. (2013). Aspekty moralne i etyczne w społeczeństwie informacyjnym. *Studia Informatica*, 33, 79–93.
- Sala, J., Tańska, H. (2015a). Ograniczenia zasobów informacji publicznej jako przyczyna zawodności państwa. *Studia Informatica*, 37, 129–142.

- Sala, J., Tańska, H. (2015b). Sieci społeczne i sieci gospodarcze antidotum na redukowane państwo. W: A. Kobyliński, W. Szymanowski, M. Grzywińska-Rapca, M. Kobylińska (red.), *Kierunki rozwoju społeczeństwa informacyjnego w warunkach globalizacji* (s. 67–78). Warszawa: Oficyna Wydawnicza Szkoły Głównej Handlowej.
- Sala, J., Tańska, H. (2017). Wybrane problemy roztrzonego rozwoju cyfrowej Polski. *Studia Informatica Pomerania*, 3, 53–63.
- Sala, J., Tańska, H. (2018). Wybrane inicjatywy wspierające rozwój i ich koszty na przykładzie regionów gospodarki morskiej. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, 53(1), 275–285. DOI: 10.15584/nsawg.2018.1.23.
- Sala, J., Tańska, H. (2019). Podstawy ekonomii dobrobytu według Josepha Stiglitz a sprawa polska. W: K. Strzała (red.), *Oblicza dobrobytu. Wybrane zagadnienia*. Tom IV (s. 45–56). Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- Sala, J., Tańska, H. (2020). *Polityka naukowa i innowacyjna w osiągnięciu idei państwa dobrobytu*, Tom V. Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego (w przygotowaniu do druku).
- Smith-Atakan, S. (2006). *Human-Computer Interaction*. Londyn: Middlesex University Press.
- Sowa, J.F. (2000). *Knowledge Representation. Logical, Philosophical and Computational Foundations*, Course Technology, Cengage Learning.
- Stiglitz, J. (2004). *Ekonomia sektora publicznego*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Sztuczna inteligencja dla Europy, Komunikat Komisji Do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-społecznego I Komitetu Regionów {SWD(2018) 137 final}, COM(2018) 237 final, Bruksela, 25.04.2018.
- Tańska, H. (2018). *Społeczeństwo informacyjne w metodycznym kontekście zarządzania projektami informatycznymi*. Olsztyn: Wydawnictwo UWM.
- Targowski, A. (2013). *Historia – teraźniejszość – przyszłość informatyki*. Łódź: Monografie Politechniki Łódzkiej.
- Uchwała nr 196 Rady Ministrów z dnia 28 grudnia 2020 r. w sprawie ustanowienia „Polityki dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od roku 2020” (M.P. z dnia 12 stycznia 2021 r., poz. 23).
- Winiarski, B. (2012). *Polityka gospodarcza*. Warszawa: PWN.
- Winson, P.H. (1992). *Artificial Intelligence*. New York: Addison-Wesley.
- Żmudzki, O. *Anatomia naukowego światopoglądu*. Pobrane z: <http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,9659/q,Anatomia.naukowego.swiatopogladu> (2022.11.02).

Streszczenie

Sztuczna inteligencja (SI) w XXI wieku jest dyscypliną naukową o dużym potencjale rozwojowym. Artykuł podejmuje aspekty metodologiczne, polityczne, społeczne i biznesowe (gospodarcze, ekonomiczne) rozwoju sztucznej inteligencji (ang. *Artificial Intelligence*, AI). Wielowymiarowy kontekst pomiaru rozwoju SI wychodzi naprzeciw decyzjom o monitorowaniu i analizie rozwoju sztucznej inteligencji. Decyzje te pojęte zostały m.in. przez Komisję Europejską, Radę Ministrów RP i OECD.

Główne tendencje monitorowania i analizy rozwoju sztucznej inteligencji mają charakter ogólnoswiatowy, ale wyraźne są także preferencje specyficzne dla warunków lokalnych (krajowych, narodowych, środowiskowych). Celem artykułu jest identyfikacja uwarunkowań rozwoju sztucznej

inteligencji w Polsce w latach 2006–2020 z wykorzystaniem stosowanych koncepcji pomiaru jej rozwoju. Posługiwano się metodami statystyki, cybernetyki i informatyki oraz wykorzystano literaturę (z dwóch ostatnich dekad XX w. i XXI w.) i dane (z lat 2006–2020) ze źródeł krajowych i zagranicznych.

Eksponowane są aspekty dynamiki rozwoju SI wynikające z doświadczeń własnych i analiz strategicznych dla rządu polskiego, ze szczególnym uwzględnieniem polskich uwarunkowań. Artykuł uzasadnia, że konieczna jest likwidacja barier rozwoju SI w Polsce, tj. między innymi stereotypów myślenia decydentów, niedostatku analityków SI, niskiego poziomu zastosowań SI w gospodarce.

Słowa kluczowe: rozwój sztucznej inteligencji w Polsce, pomiar rozwoju sztucznej inteligencji, uwarunkowania rozwoju sztucznej inteligencji.

Instrumentalisation of artificial intelligence in the policy of scientific activity in Poland

Summary

Artificial intelligence (AI) in the twenty-first century is a scientific discipline with one of the greatest development potentials. The article deals with the methodological, political, social, and business (economic) aspects of the development of AI (pl. Sztuczna inteligencja, SI). The multidimensional context of measuring the development of AI overlaps the decisions about monitoring and analysing the development of artificial intelligence. These decisions were taken, inter alia, by the European Commission, the Council of Ministers of the Republic of Poland and the OECD.

The main trends in monitoring and analysing the development of artificial intelligence are global in nature, but preferences specific to local conditions (national, environmental) are also clear. The aim of the article is to identify the conditions for the development of artificial intelligence in Poland in the years 2006–2020 with the use of the applied concepts of measuring its development. The methods of statistics, cybernetics and computer science were used, and the literature (from the last two decades of the 20th century and from the 21st century) and data (from 2006 to 2020) from domestic and foreign sources were used.

Aspects of the dynamics of the development of AI resulting from the authors' experience and strategic analyses for the Polish government are exposed, with particular emphasis on Polish conditions. The article justifies that it is necessary to eliminate barriers to the development of AI in Poland, i.e. stereotypes of decision-makers' thinking, shortage of AI analysts, low level of AI applications in the economy.

Keywords: development of artificial intelligence in Poland, measuring the development of artificial intelligence, conditions for the development of artificial intelligence.

JEL: O30, F63, C81.