Białoskórski, R., 2026. *Sztuczna inteligencja jako komponent potęgi informacyjnej państwa*, Przegląd Geopolityczny, 56, s. 99-113.

Robert BIAŁOSKÓRSKI
Uniwersytet w Siedlcach
ORCID: 0000-0003-3038-7560

SZTUCZNA INTELIGENCJA JAKO KOMPONENT POTĘGI INFORMACYJNEJ PAŃSTWA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A COMPONENT OF THE STATE INFORMATIONAL POWER

Abstract

The aim of this article is to determine the impact of artificial intelligence on the informational power of states. According to the proposed model, informational power encompasses both structural and technological aspects. The impact of artificial intelligence on informational power was assessed based on the distribution of critical raw material resources and production infrastructure related to AI development (structural aspect), as well as on the distribution and scale of investments and computing infrastructure, as well as the capacity to design and train advanced AI models (technological aspect). The study found that the development of artificial intelligence allows countries with a developed structural and technological base to increase their advantage, while entities with limited infrastructure remain dependent on external centers of production and development of AI models. Consequently, AI is not merely a tool for information processing but a factor that structurally modifies the information power of nations.

Keywords: artificial intelligence; informational power; Synthetic Model of Informational Power (SMPI); semiconductor industry; technological infrastructure.

Syntetyczny Model Potęgi Informacyjnej

Obserwowany dynamiczny rozwój globalnego środowiska informacyjnego charakteryzuje się występowaniem czterech megatrendów o istotnych konsekwencjach geopolitycznych. Pierwszym jest masowe wykorzystanie sztucznej inteligencji, zwłaszcza generatywnej (GenAI), czego wyrazem pozostaje gwałtowny wzrost aktywności badawczej i wdrożeniowej oraz rosnąca skala implementacji technologii AI w sektorze publicznym i prywatnym, co dokumentują m.in. raporty Uniwersytetu Stanforda i World Intellectual Property

Organization.[1] Drugim megatrendem jest niemal całkowite przejście od informacji analogowej do cyfrowej, co oznacza zasadniczą transformację infrastrukturalną współczesnej infosfery (Hilbert, López, 2011). Trzecim jest wielowarstwowa fragmentacja globalnej przestrzeni informacyjnej w zakresie infrastruktury, regulacji i dostępności, prowadząca do powstania względnie odrębnych bloków regulacyjno-infrastrukturalnych.[2] Czwartym megatrendem pozostaje postępująca militaryzacja środowiska informacyjnego, w której systemy oparte na sztucznej inteligencji stają się elementem struktury przewagi strategicznej państw (Deppe, Schaal, 2024).[3] Rozwój AI wpisuje się w szerszy proces dyfuzji potęgi militarnej, w którym nowe technologie modyfikują strukturę przewagi strategicznej państw (Horowitz, 2018).Współwystępowanie tych procesów prowadzi do transformacji warunków funkcjonowania państw w systemie międzynarodowym.

W niniejszym artykule sztuczna inteligencja rozumiana jest jako kategoria technologii przetwarzania informacji obejmująca systemy obliczeniowe zdolne do autonomicznej analizy danych, generowania predykcji oraz tworzenia treści, których rozwój i skalowanie pozostają zależne od dostępu do zaawansowanej infrastruktury obliczeniowej, zasobów danych oraz wyspecjalizowanych kompetencji technologicznych (Russell, Norvig, 2010).

Analiza odwołuje się do Syntetycznego Modelu Potęgi Informacyjnej (SMPI), który ujmuje potęgę informacyjną państwa (PI) jako wynik relacji między dwoma komplementarnymi wymiarami: strukturalnym (SPI) oraz technologicznym (TPI). Wymiar strukturalny odnosi się do kontroli nad infrastrukturą, łańcuchami dostaw i zasobami umożliwiającymi funkcjonowanie globalnej infosfery, natomiast wymiar technologiczny dotyczy zdolności do projektowania, rozwijania i skalowania zaawansowanych systemów przetwarzania informacji[4].

W ujęciu formalnym potęga informacyjna państwa w czasie *t* może być wyrażona jako funkcja dwóch komplementarnych wymiarów:

[1] https://www.wipo.int/en/web/patent-analytics/generative-ai; https://hai.stanford.edu/assets/files/hai_ai_index_report_2025.pdf (dostęp: 26.02.2026).
[2] https://digitallibrary.un.org/record/4074377 (dostęp: 26.02.2026).
[3] https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2024/10/17/natos-digital-transformation-implementation-strategy (dostęp: 26.02.2026).
[4] Szerokie ujęcie metodologiczne Syntetycznego Modelu Potęgi Informacyjnej (SMPI) przedstawiono w: R. Białoskórski, *Bezpieczeństwo informacyjne. Dyskurs naukowy i normatywny*. Wydawnictwo Uniwersytetu w Siedlcach (w druku).

$$PI(t) = f(SPI(t), TPI(t))$$

gdzie:

$PI(t)$ – potęga informacyjna państwa w czasie *t*,

$SPI(t)$ – strukturalna potęga informacyjna,

$TPI(t)$ – technologiczna potęga informacyjna.

W najprostszym ujęciu funkcja agregacji ma charakter liniowy:

$$PI(t) = \alpha SPI(t) + \beta TPI(t)$$

przy założeniu, że $\alpha + \beta = 1$, $\alpha, \beta \geq 0$.

Model SMPI odnosi się do państwa jako podmiotu analizy teoretycznej, natomiast jego aplikacja empiryczna dotyczy wybranych państw jako konkretnych przypadków realizujących określone konfiguracje potęgi informacyjnej.

Celem artykułu jest określenie wpływu sztucznej inteligencji na strukturę potęgi informacyjnej państw. Problem badawczy zawiera się w pytaniu: w jaki sposób rozwój sztucznej inteligencji oddziałuje na wymiar strukturalny (SPI) i technologiczny (TPI) potęgi informacyjnej państw (PI)?

Wpływ ten analizowany jest poprzez ocenę koncentracji zasobów i infrastruktury związanych z rozwojem AI w segmentach odpowiadających obu wymiarom modelu SMPI. W odniesieniu do wymiaru strukturalnego obejmuje to analizę rozmieszczenia surowców krytycznych, infrastruktury produkcyjnej oraz segmentu kontraktowej produkcji zaawansowanych układów scalonych (*foundry*). W odniesieniu do wymiaru technologicznego analizie poddano skalę inwestycji, koncentrację infrastruktury obliczeniowej oraz zdolność do projektowania i trenowania najbardziej zaawansowanych modeli AI (*frontier models*) (Russell, Norvig, op.cit.). Tak zdefiniowana perspektywa pozwala analizować rozwój sztucznej inteligencji nie jako odrębne zjawisko technologiczne, lecz jako czynnik współkształtujący strukturę potęgi informacyjnej państw.

W ujęciu analitycznym zmienną niezależną (objaśniającą) jest poziom rozwoju i koncentracji technologii sztucznej inteligencji, natomiast zmienną zależną (objaśnianą) – potęga informacyjna państwa ujmowana w modelu SMPI poprzez jej wymiar strukturalny (SPI) i technologiczny (TPI).

W analizie wykorzystano dane pochodzące zarówno z raportów instytucjonalnych, w tym United States Geological Survey (USGS), International Telecommunication Union (ITU) oraz World Intellectual Property Organization (WIPO), jak i z analiz rynkowych (TrendForce Corp., Gartner, MarketsandMarkets). Dane rynkowe mają charakter estymacyjny, jednak ze względu na ograniczoną transparentność korporacyjną stanowią obecnie podstawowe źródło porównawcze w analizach sektora półprzewodników i modeli AI. Dobór wskaźników ma charakter selektywny i oparty jest na kryterium systemowej relewantności dla funkcjonowania globalnego łańcucha wartości sztucznej inteligencji.

Ograniczeniem badania jest wykorzystanie danych wtórnych o charakterze raportowym i rynkowym, których szacunki mogą podlegać aktualizacji wraz ze zmianą sytuacji technologicznej i geopolitycznej. Dane te pochodzą w znacznej mierze z analiz instytucjonalnych oraz opracowań branżowych, które – mimo wysokiej specjalizacji i aktualności – opierają się częściowo na metodach estymacyjnych oraz deklaracjach podmiotów gospodarczych. W warunkach ograniczonej transparentności korporacyjnej, zwłaszcza w sektorze półprzewodników i zaawansowanych modeli AI, pełna weryfikacja niektórych parametrów (np. rzeczywistej mocy obliczeniowej, kosztów trenowania modeli czy szczegółowych wolumenów produkcyjnych) pozostaje utrudniona.

Dodatkowym ograniczeniem jest dynamiczny charakter analizowanego sektora. Tempo rozwoju technologii AI, zmiany w polityce eksportowej państw, sankcje technologiczne oraz przekształcenia łańcuchów dostaw powodują, że struktura koncentracji zdolności może ulegać relatywnie szybkim zmianom. W konsekwencji przedstawione wyniki należy traktować jako diagnozę stanu na określony moment rozwoju systemu technologicznego, a nie jako model o charakterze trwałym i niezmiennym.

Wpływ produkcji mikroprocesorów AI na potęgę informacyjną

Badania w tym obszarze oparto na analizie ilościowo-jakościowej: (1) głównych ośrodków wydobycia i przetwarzania minerałów wykorzystywanych w produkcji mikroprocesorów AI, oraz (2) głównych ośrodków ich wytwarzania.

W pierwszym przypadku analizie poddano kluczowe minerały stosowane w produkcji mikroprocesorów AI, ich producentów oraz szacunkowe udziały w rynku globalnym. Podstawowe znaczenie mają cztery surowce: krzem (Si), tantal (Ta), wolfram (W) oraz miedź (Cu).

Krzem pozostaje podstawowym materiałem wykorzystywanym do wytwarzania płytek krzemowych (waferów). Tantal cechuje wysoka stabilność chemiczna i termiczna, wolfram wykazuje dużą odporność na temperaturę i znajduje zastosowanie w metalizacji tranzystorów, natomiast miedź jest kluczowym materiałem w produkcji ścieżek i interkonektorów w zaawansowanych procesach litograficznych. Rolę uzupełniającą odgrywają m.in. gal, ind, aluminium, hafn, fosforyty, bor, arsen, polimery, ceramika oraz metale szlachetne, takie jak złoto, srebro i pallad (tabela 1).

Tabela 1. Surowce i materiały do produkcji mikroprocesorów AI (2024)

Surowiec / materiał	Znaczenie technologiczne w produkcji mikroprocesorów AI	Kluczowi producenci (szacunkowy udział w rynku)
Krzem (Si)	Główny materiał, z którego tworzy się płytki krzemowe (wafery).	Chiny (85%); Brazylia; Norwegia; Francja; Niemcy; Rosja
Tantal (Ta)	Odporność na korozję, wysoka przewodność cieplna i elektryczna.	DR Konga (42%); Nigeria (19%); Brazylia; Chiny
Wolfram (W)	Wysoka temperatura topnienia, duża odporność na korozję i dobre właściwości przewodzące.	Chiny (85%); Kanada; Rosja; Wietnam; Boliwia
Miedź (Cu)	Stosowana do tworzenia ścieżek przewodzących.	Chile (25%); Peru (10%); Chiny; USA
Gal (Ga)	Stosowany w związkach półprzewodnikowych (GaAs, GaN) o wysokiej wydajności i częstotliwości pracy.	Chiny (91%); Korea Pd.; Japonia; Rosja
Ind (In)	Poprawia wydajność układów elektronicznych.	Chiny (70%); Korea Pd. (17%); Japonia; Kanada; Belgia; Rosja
Aluminium (Al)	Warstwa przewodząca, obecnie rzadziej stosowany ze względu na większy opór elektryczny, niż miedź.	Chiny (60%); India; Rosja; Kanada
Hafn (Hf)	Izolacja tranzystorów o wysokiej stałej dielektrycznej (high-k dielectric).	Francja (45%); USA (45%); Chiny; Rosja
Fosforyty (P)	Źródło fosforu wykorzystywanego do domieszkowania krzemu (n-type doping) w procesie wytwarzania półprzewodników.	Chiny (40%); USA; Maroko; Rosja
Bor (B)	Wykorzystywany do domieszkowania krzemu (p-type doping).	Turcja (66%); Chile; Chiny; Peru; Boliwia
Arsen (As)	Stosowany w związkach półprzewodnikowych (GaAs); wysoka mobilność nośników.	Peru (49%); Chiny (41%); Maroko; Belgia; Rosja
Polimery i ceramika	Tworzywa do budowy układów scalonych.	Azja (50%), w tym Chiny (34%); Ameryka Pn. (17%); Europa (14%)
Złoto (Au)	Wysoka przewodność elektryczna i odporność na korozję; stosowane w połączeniach (bondingwires) i stykach w układach scalonych.	Chiny (11%); Rosja (9,4%), Australia (9%); Kanada (6%)
Srebro (Ag)	Wysoka przewodność elektryczna; zastosowanie w połączeniach i pastach przewodzących.	Meksyk (25%); Chiny (13%); Peru; Polska; Boliwia
Pallad (Pd)	Stosowany w kondensatorach wielowarstwowych i powłokach ochronnych.	Rosja (39%); RPA (38%); Zimbabwe; Kanada; USA

Źródło: opracowanie własne na podstawie: https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025.pdf ; https://www.opfglobal.com/ (dostęp: 26.02.2026).

Analiza wskazuje na wysoką koncentrację wydobycia i rafinacji części surowców w ograniczonej liczbie państw. Chiny odgrywają dominującą rolę w produkcji i przetwarzaniu m.in. krzemu, galu, wolframu i indu. Jednocześnie dostęp do niektórych surowców, takich jak pallad, tantal czy hafn, jest rozproszony i wymaga powiązań z zewnętrznymi dostawcami. Podobne zależności występują w przypadku innych państw, w tym Stanów Zjednoczonych, które w znacznym stopniu opierają się na imporcie wybranych minerałów.

Z punktu widzenia modelu SMPI koncentracja kontroli nad surowcami krytycznymi oraz nad ich przetwarzaniem stanowi element wymiaru strukturalnego potęgi informacyjnej (SPI). Dostęp do tych zasobów warunkuje zdolność państwa do utrzymania ciągłości produkcji mikroprocesorów AI oraz ogranicza podatność na zakłócenia w globalnych łańcuchach dostaw. Stopień dywersyfikacji źródeł surowców oraz poziom krajowej kontroli nad ich przetwarzaniem wpływają zatem na stabilność i autonomię infrastrukturalną państwa w obszarze technologii informacyjnych.

Analizę głównych ośrodków produkcji zaawansowanych układów scalonych wykorzystywanych w systemach sztucznej inteligencji w 2024 roku oparto na rynku tzw. *foundry*, rozumianym jako segment przemysłu półprzewodnikowego zajmujący się kontraktową produkcją układów scalonych. Segment ten ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia strukturalnego wymiaru potęgi informacyjnej państwa, gdyż koncentruje fizyczne zdolności wytwórcze obejmujące infrastrukturę produkcyjną oraz najbardziej zaawansowane procesy technologiczne, pozostające w wyraźnym odróżnieniu od zdolności projektowych realizowanych przez przedsiębiorstwa typu *fabless*.

Zdolności wytwórcze stanowią warunek konieczny produkcji układów scalonych dla systemów AI, co sprawia, że segment *foundry* można traktować jako newralgiczny punkt infrastrukturalny globalnego łańcucha wartości technologii informacyjnych. Koncentracja zdolności produkcyjnych w ograniczonej liczbie podmiotów i lokalizacji może być interpretowana jako przejaw strukturalnej potęgi informacyjnej, polegającej na kontroli krytycznych segmentów infrastruktury technologicznej oraz łańcuchów dostaw (Strange, 1988; Farrell, Newman, 2019).

Rynek *fabless* pozostaje istotny z punktu widzenia wymiaru technologicznego (TPI), gdyż obejmuje zdolności projektowe i innowacyjne, jednak charakteryzuje się relatywnie wyższym poziomem

konkurencji oraz większymi możliwościami dywersyfikacji geograficznej i podmiotowej niż segment produkcyjny.

Analizę głównych ośrodków produkcji zaawansowanych układów scalonych wykorzystywanych w systemach sztucznej inteligencji w 2024 roku oparto na rynku tzw. *foundry*, rozumianym jako segment przemysłu półprzewodnikowego zajmujący się kontraktową produkcją układów scalonych. Segment ten ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia strukturalnego wymiaru potęgi informacyjnej państwa, gdyż koncentruje fizyczne zdolności wytwórcze, obejmujące infrastrukturę produkcyjną oraz najbardziej zaawansowane procesy technologiczne, pozostające w wyraźnym odróżnieniu od zdolności projektowych realizowanych przez przedsiębiorstwa typu *fabless*. Zdolności wytwórcze stanowią warunek konieczny produkcji układów scalonych dla systemów AI, co sprawia, że segment *foundry* można traktować jako krytyczny komponent infrastrukturalny globalnego systemu produkcji technologii informacyjnych. Koncentracja zdolności produkcyjnych w ograniczonej liczbie podmiotów i lokalizacji może być interpretowana jako przejaw strukturalnej potęgi informacyjnej, polegającej na kontroli kluczowych segmentów infrastruktury technologicznej i łańcuchów dostaw. Rynek *fabless* pozostaje istotny, jednak charakteryzuje się relatywnie większym poziomem konkurencji oraz szerszymi możliwościami dywersyfikacji geograficznej i podmiotowej.

W 2024 roku globalny rynek *fabless* przeznaczonych do zastosowań AI był silnie skoncentrowany i zdominowany przez przedsiębiorstwa amerykańskie. Największy udział rynkowy posiadała firma NVIDIA (ok. 70–80%), za którą plasowały się AMD (ok. 8–9%), Google (ok. 4–9%) oraz Intel (ok. 2–5%). Struktura ta odnosi się przede wszystkim do segmentu zaawansowanych akceleratorów obliczeniowych wykorzystywanych w procesach trenowania i inferencji modeli sztucznej inteligencji. Koncentracja zdolności projektowych w tym segmencie wzmacnia technologiczny wymiar potęgi informacyjnej (TPI), obejmujący kontrolę architektury układów oraz dostęp do najbardziej zaawansowanych rozwiązań obliczeniowych.

Pomimo dominacji podmiotów amerykańskich na etapie projektowania układów, niemal cała fizyczna produkcja najbardziej zaawansowanych mikroprocesorów AI była skoncentrowana geograficznie na Tajwanie. Kluczową rolę w tym zakresie odgrywa Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), która pozostaje liderem w segmencie *foundry* produkujących mikroprocesory AI, z udziałem szacowanym na około 85–90% globalnej produkcji w węzłach

technologicznych 7nm i poniżej. Pozostałymi, wyraźnie mniejszymi uczestnikami rynku *foundry* układów AI są przedsiębiorstwa z Republiki Korei oraz Chińskiej Republiki Ludowej. Samsung Foundry odpowiada za około 3–5% produkcji zaawansowanych układów AI, natomiast udział chińskiego Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC) pozostaje marginalny i nie przekracza 1% w skali globalnej (tabela 2).

Tabela 2. Koncentracja rynku kontraktowej produkcji zaawansowanych mikroprocesorów AI (foundry) w 2024 roku

Ranking	Przedsiębiorstwo (foundry)	Państwo	Najbardziej zaawansowane węzły technologiczne (nm)	Szacowany udział w globalnej produkcji zaawansowanych układów AI (%)	Główni odbiorcy (AI/HPC)
1	Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)	Tajwan	EUV: N7+ (częściowo), N5, N4, N3; DUV: warstwy pomocnicze	85–90	NVIDIA, AMD, Google (TPU), Amazon Web Services (Trainium, Inferentia), Apple
2	Samsung Electronics Co., Ltd. (Samsung Foundry)	Korea. Pd.	EUV: 7 nm, 5 nm, 4 nm (FinFET); EUV + GAA: 3 nm	3–5	Projekty wewnętrzne Samsunga oraz ograniczone, niszowe układy ASIC; brak kluczowych klientów rozwijających modele klasy frontier
3	Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC)	Chiny	DUV: 14 nm; 7 nm (N+1/N+2) z zastosowaniem multipatterningu	<1	Klienci krajowi oraz niszowe zastosowania inferencyjne; brak udziału w globalnym rynku trenowania modeli AI

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych: https://www.trendforce.com/presscenter/news/20250310-12510.html; https://counterpointresearch.com/en/insights/global-semiconductor-foundry-market-share (dostęp: 26.02.2026).

Tylko TSMC dysponuje obecnie zdolnością do stabilnej, wielkoskalowej produkcji najbardziej zaawansowanych mikroprocesorów AI z wykorzystaniem litografii ekstremalnego ultrafioletu (EUV). Samsung Foundry posiada kompetencje technologiczne w tym zakresie, jednak nie osiągnął dotąd porównywalnego poziomu wydajności produkcyjnej i stabilności procesowej, natomiast SMIC pozostaje ograniczony do litografii głębokiego ultrafioletu (DUV). Koncentracja dostępu do litografii EUV dodatkowo wzmacnia strukturalny wymiar potęgi informacyjnej, gdyż determinuje możliwość wytwarzania najbardziej zaawansowanych układów scalonych.

TSMC intensywnie inwestuje w produkcję zaawansowanych mikroprocesorów w USA, w tym w Arizonie, z planami produkcji procesów 3nm i 2nm, choć harmonogramy są przesuwane. Samsung buduje fabrykę w Teksasie z technologią Gate-All-Around (GAA), jednak napotyka trudności związane z wydajnością procesu i pozyskiwaniem klientów, co wpływa na opóźnienia w terminach uruchomienia. Samsung obniżył budżet segmentu *foundry*, koncentrując się na technologii 2nm, natomiast Intel rozwija proces 18A w USA, stopniowo budując swoją pozycję w segmencie *foundry*.

Analizując rozkład głównych ośrodków produkcji mikroprocesorów AI, należy uwzględnić kluczowe znaczenie rynku producentów maszyn litograficznych, bez których wytwarzanie zaawansowanych układów scalonych nie jest możliwe. W tym zakresie holenderskie przedsiębiorstwo ASML pozostaje globalnym liderem rynku zaawansowanej litografii, posiadając około 80% udziału w segmencie systemów wykorzystywanych do produkcji najbardziej zaawansowanych mikroprocesorów AI. Jednocześnie ASML jest jedynym na świecie komercyjnym producentem maszyn w technologii ekstremalnego ultrafioletu (EUV oraz High-NA EUV), posiadającym 100% udziału w tym kluczowym segmencie rynku. Pozostali producenci, tacy jak japońskie Nikon i Canon, chińska Shanghai Micro Electronics Equipment (SMEE) oraz amerykańska Veeco Instruments Inc. (Veeco), oferują systemy starszej generacji (DUV i inne rozwiązania), które nie umożliwiają produkcji najbardziej zaawansowanych węzłów technologicznych wykorzystywanych w systemach AI (tab. 3).

Tabela 3. K**oncentracja rynku zaawansowanych maszyn litograficznych wykorzystywanych w produkcji mikroprocesorów AI (2024)**

Ranking	Państwo lokalizacji głównej siedziby	Przedsiębiorstwo	Szacunkowe przychody ze sprzedaży (mld USD)	Szacunkowy udział w globalnym rynku (%)
1	Holandia	ASML Holding N.V. (ASML)	28	80
2	Japonia	Nikon Corporation Canon Inc.	3,2 2,7	8.5 7,2
3	Chiny	Shanghai Micro-Electronics Equipment (SMEE)	1,2	3.2
4	USA	Veeco Instruments Inc. (Veeco)	0,7	1.9

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportów: MarketsandMarkets, 2025; *Global Lithography Equipment Market Overview*, Fortune Business Insights, 2025.

Z perspektywy strukturalnej potęgi informacyjnej (SPI) oznacza to koncentrację kontroli nad krytycznym komponentem infrastruktury

technologicznej w jednym państwie i jednym podmiocie korporacyjnym. Dostęp do technologii EUV stanowi warunek wytwarzania mikroprocesorów w najbardziej zaawansowanych węzłach technologicznych, a tym samym determinuje zdolność do skalowania mocy obliczeniowej niezbędnej dla rozwoju modeli sztucznej inteligencji. Chiny od kilku lat konsekwentnie dążą do osiągnięcia przełomu w obszarze litografii EUV mimo sankcji oraz ograniczonego dostępu do kluczowych technologii. Podejmują próby opracowania własnych rozwiązań poprzez analizę starszych systemów litograficznych oraz pozyskiwanie wysoko wykwalifikowanych kadr inżynierskich. Szacuje się, iż działania te mogą doprowadzić do osiągnięcia zdolności produkcyjnych w technologii EUV w perspektywie około 2030 roku, co oznaczałoby istotną zmianę w strukturze koncentracji infrastruktury litograficznej[5].

Wpływ rozwoju modeli AI na potęgę informacyjną państw

Przestrzenne zróżnicowanie rozwoju modeli AI interpretowane jest jako koncentracja zdolności do tworzenia, trenowania i skalowania zaawansowanych modeli sztucznej inteligencji, mierzona wolumenem globalnych inwestycji publicznych i prywatnych przeznaczonych na rozwój modeli (*foundation models, large language models, generative AI*) w 2024 roku.

W badaniu przyjęto założenie, że wolumen inwestycji stanowi porównywalny oraz empirycznie uchwytny wskaźnik rozwoju technologicznego wymiaru potęgi informacyjnej (TPI), pozostający w ścisłej relacji z dostępem do mocy obliczeniowej, infrastruktury centrów danych oraz zasobów danych niezbędnych do trenowania modeli AI. Państwa i regiony uporządkowano według szacowanego wolumenu inwestycji w rozwój modeli AI w 2024 r. Zakres analizowanych nakładów obejmuje finansowanie publiczne (programy narodowe, fundusze suwerenne), inwestycje prywatne (*venture capital*, CAPEX przedsiębiorstw technologicznych), wydatki na infrastrukturę obliczeniową dedykowaną trenowaniu modeli oraz rozwój modeli generatywnych i *foundation models* (tabela 4).

Tak zdefiniowany wskaźnik pozwala analizować rozwój modeli AI jako element technologicznej potęgi informacyjnej państw, a nie wyłącznie jako zjawisko rynkowe. Wyniki badań wskazują na wyraźną

[5] https://www.telepolis.pl/tech/chiny-produkcja-ukladow-polprzewodnikowych-narzedzia-euv (26.02.2026).

koncentrację technologicznego wymiaru potęgi informacyjnej w obszarze rozwoju modeli AI. Stany Zjednoczone i Chiny odpowiadają łącznie za ponad połowę globalnych inwestycji w tym sektorze, co przekłada się również na ich silną pozycję w zakresie tworzenia i skalowania modeli *frontier*[6]. Unia Europejska pozostaje istotnym, lecz rozproszonym ośrodkiem rozwoju, którego potencjał badawczy i regulacyjny nie zawsze znajduje odzwierciedlenie w koncentracji infrastruktury obliczeniowej i kapitału przemysłowego. Dyskusja o suwerenności technologicznej w Europie wskazuje jednak na rosnące znaczenie kontroli infrastruktury cyfrowej oraz zdolności produkcyjnych jako elementu bezpieczeństwa strategicznego (Bauer, Erixon, 2020).

Stany Zjednoczone pozostają wiodącym globalnym ośrodkiem rozwoju sztucznej inteligencji pod względem liczby aktywnych firm AI, liczby zaawansowanych modeli uczenia maszynowego oraz wolumenu inwestycji przeznaczonych na ich rozwój. Chociaż przewaga USA nad Unią Europejską (łącznie z Wielką Brytanią) oraz Chinami nie ma charakteru jednolicie wielokrotnego we wszystkich analizowanych wskaźnikach, pozostaje wyraźna zwłaszcza w obszarze modeli *frontier*, skali kapitału prywatnego oraz dostępnej infrastruktury obliczeniowej. Według ekspertyz McKinsey & Company i Uniwersytetu Stanforda, rynek rozwoju modeli uczenia maszynowego jest w znacznym stopniu zdominowany przez firmy amerykańskie, w szczególności Google, Meta, Microsoft oraz OpenAI, które odpowiadają za znaczącą część najbardziej zaawansowanych i szeroko wdrażanych modeli generatywnych.

W ujęciu modelu SMPI oznacza to wysoki poziom koncentracji technologicznej potęgi informacyjnej (TPI) w państwach dysponujących zarówno kapitałem prywatnym, jak i rozwiniętą infrastrukturą obliczeniową umożliwiającą trenowanie modeli na dużą skalę. Odmienny wzorzec rozwoju technologicznej potęgi informacyjnej obserwowany jest w Chinach, które – mimo relatywnie mniejszej liczby przedsiębiorstw rozwijających modele klasy *frontier* – dominują globalnie w zakresie aktywności patentowej w obszarze AI, odpowiadając za ponad 60% zgłoszeń patentowych na świecie w latach 2021–2022. W ujęciu regionalnym aktywność patentowa w dziedzinie AI jest silnie skoncentrowana w regionie Azji Wschodniej i Pacyfiku, który wyraźnie przewyższa pod tym względem Amerykę Północną oraz

[6] Model frontier (ang. *frontier model*) to duży model AI (zwykle *foundation model*), którego skala, złożoność i osiągi znacząco przewyższają większość istniejących modeli, a jego trenowanie wymaga ekstremalnych zasobów kapitałowych, danych i mocy obliczeniowej.

Europę i pozostałą część Azji, co wskazuje na strukturalne zróżnicowanie modeli rozwoju i instytucjonalnej ochrony innowacji w globalnym systemie AI.

Tabela 4. Koncentracja globalnych inwestycji w rozwój modeli AI (2024)

Pozycja	Państwo/ region	Szacowany wolumen inwestycji w rozwój modeli AI (mld USD)	Udział w globalnych inwestycjach (%)	Znaczenie dla technologicznego wymiaru potęgi informacyjnej (TPI)
1	USA	450–550	30–35	Globalny lider rozwoju modeli *frontier*; dominacja kapitału prywatnego i infrastruktury obliczeniowej.
2	Chiny	200–300	18–22	Silna koordynacja państwowa; koncentracja na suwerenności technologicznej.
3	UE + Wielka Brytania	120–180	12–15	Rozproszone inwestycje; regulacyjnie zrównoważony model rozwoju.
4	Arabia Saudyjska	80–120	6–8	Skokowe inwestycje państwowe; strategia dywersyfikacji gospodarczej.
5	India	40–60	3–5	Dynamiczny wzrost; koncentracja na skalowaniu i zastosowaniach.
6	Republika Korei	25–35	2–3	Integracja rozwoju modeli z przemysłem półprzewodników.
7	Francja	20–30	1–2	Wyjątkowa narodowa specjalizacja w obrębie UE.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: https://pl.dataconomy.com/2025/02/24/tradematyka-firmy-ai-prowadza-globalne-wyceny/; https://targettrend.com/pl/ai-industry-statistics/ (dostęp: 26.02.2026).

W perspektywie długoterminowej istotnym czynnikiem wpływającym na skalę mobilizacji zasobów w obszarze technologicznej potęgi informacyjnej pozostaje koncepcja ogólnej sztucznej inteligencji (*Artificial General Intelligence*, AGI). Choć AGI ma obecnie charakter hipotetyczny i pozostaje przedmiotem sporów naukowych co do możliwości jej osiągnięcia w ramach dominującego paradygmatu skalowania modeli, sama perspektywa potencjalnego przełomu technologicznego działa jako czynnik mobilizujący państwa i regiony do intensyfikacji inwestycji w infrastrukturę obliczeniową, kapitał ludzki oraz rozwój zaawansowanych modeli AI. W dokumentach strategicznych

Unii Europejskiej widoczna jest próba osadzenia polityki przemysłowej i regulacyjnej w kontekście potencjalnej ery AGI, co wskazuje, że oczekiwania dotyczące przyszłych zdolności systemów AI wpływają już dziś na strukturę inwestycji, koncentrację mocy obliczeniowej oraz kształtowanie technologicznej suwerenności (Wójtowicz, 2026).

W ujęciu modelu SMPI oznacza to, że aktywność patentowa oraz długookresowa mobilizacja zasobów związana z koncepcją AGI stanowią istotne determinanty technologicznego wymiaru potęgi informacyjnej (TPI), nawet jeśli nie przekładają się bezpośrednio na bieżącą dominację w segmencie modeli *frontier*.

Przeprowadzona analiza wskazuje, że technologiczny wymiar potęgi informacyjnej (TPI) w obszarze sztucznej inteligencji kształtowany jest przede wszystkim przez trzy czynniki: skalę inwestycji w rozwój modeli AI, koncentrację infrastruktury obliczeniowej oraz aktywność patentową. Najwyższy poziom TPI osiągają państwa zdolne do łączenia kapitału prywatnego i publicznego z rozwiniętym zapleczem badawczo-rozwojowym oraz dostępem do mocy obliczeniowej umożliwiającej trenowanie modeli klasy *frontier*. Równocześnie zróżnicowanie między dominacją inwestycyjną a przewagą patentową wskazuje na odmienne strategie budowy technologicznej potęgi informacyjnej. W ujęciu modelu SMPI rozwój modeli AI nie stanowi zatem wyłącznie zjawiska technologicznego, lecz jeden z kluczowych mechanizmów wzmacniania lub ograniczania technologicznego komponentu potęgi informacyjnej państwa.

Podsumowanie i wnioski

Celem artykułu było określenie wpływu sztucznej inteligencji na strukturę potęgi informacyjnej państwa w ujęciu modelu SMPI. Wpływ ten analizowano poprzez ocenę koncentracji zasobów i infrastruktury związanych z rozwojem AI w segmentach odpowiadających obu wymiarom modelu. Uzyskane wyniki wskazują, że sztuczna inteligencja nie stanowi wyłącznie nowej technologii cyfrowej, lecz jest czynnikiem istotnie modyfikującym zarówno strukturalny (SPI), jak i technologiczny (TPI) wymiar potęgi informacyjnej państwa (PI).

W wymiarze strukturalnym rozwój sztucznej inteligencji zwiększa znaczenie kontroli nad surowcami krytycznymi, infrastrukturą produkcyjną oraz segmentem kontraktowej produkcji zaawansowanych układów scalonych (*foundry*). Koncentracja zdolności wytwórczych w ograniczonej liczbie państw i lokalizacji powoduje, że dostęp do infrastruktury półprzewodnikowej staje się warunkiem utrzymania i

rozwoju potęgi informacyjnej. SPI w coraz większym stopniu uzależniona jest od pozycji państwa w globalnych łańcuchach wartości sektora półprzewodników.

W wymiarze technologicznym sztuczna inteligencja podnosi znaczenie koncentracji kapitału inwestycyjnego, infrastruktury obliczeniowej oraz zdolności do tworzenia i skalowania modeli klasy *frontier* jako kluczowych determinant TPI. Analiza wykazała, że najwyższy poziom TPI osiągają państwa zdolne do łączenia zasobów finansowych z rozwiniętym zapleczem badawczo-rozwojowym oraz dostępem do zaawansowanej mocy obliczeniowej. Zdolność do trenowania i wdrażania najbardziej zaawansowanych modeli AI staje się jednym z głównych wyznaczników technologicznej potęgi informacyjnej. W ujęciu syntetycznym sztuczna inteligencja zmienia istniejące konfiguracje potęgi informacyjnej: państwa dysponujące rozwiniętą bazą strukturalną i technologiczną zwiększają swoją przewagę, natomiast podmioty o ograniczonej infrastrukturze pozostają zależne od zewnętrznych centrów produkcji i rozwoju modeli. Wpływ AI na potęgę informacyjną nie ma charakteru autonomicznego, lecz jest funkcją zdolności państwa do integracji jej rozwoju z własnym potencjałem strukturalnym i technologicznym.

Ograniczeniem badania jest wykorzystanie danych raportowych i rynkowych, których szacunki mogą ulegać zmianom wraz z dynamiką rozwoju technologicznego.

Dalsze badania powinny koncentrować się na ilościowej operacjonalizacji relacji między SPI i TPI w modelu SMPI oraz na analizie długookresowego wpływu koncentracji infrastruktury AI na strukturę potęgi informacyjnej państw. Rozwój sztucznej inteligencji wskazuje, że przyszła dynamika potęgi informacyjnej państw będzie w coraz większym stopniu determinowana zdolnością do integracji kontroli infrastrukturalnej z kompetencjami w zakresie zaawansowanego przetwarzania informacji, co uzasadnia rozwój i pogłębienie modelu SMPI.

Literatura

Bauer, M., Erixon, F., 2020. *Europe's quest for technological sovereignty: Opportunities and pitfalls*. European Centre for International Political Economy, Brussels.

Deppe, C., Schaal, G.S., 2024. *Cognitive warfare: A conceptual analysis of the NATO ACT cognitive warfare exploratory concept*. Frontiers in Big Data, vol. 7.

Farrell, H., Newman, A.L., 2019. *Weaponized interdependence: How global economic networks shape state coercion*. International Security, 44(1), pp. 42–79.

Hilbert, M., López, P., 2011. *The world's technological capacity to store, communicate, and compute information*. Science, 332(6025), pp. 60–65.

Horowitz, M.C., 2018. *The diffusion of military power: Causes and consequences for international politics*. Princeton University Press.

Modrzejewski, Z., Dejnacki, M., 2023. *Walka informacyjna w rosyjskiej kulturze strategicznej*, Przegląd Geopolityczny, 46, s. 104-118.

Russell, S., Norvig, P., 2010. *Artificial intelligence: A modern approach*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Strange, S.,1988. *States and markets*. Pinter Publishers, New York.

Wójtowicz, A., 2026. *N(AI)jaśniejsza przyszłość dla UE. Jak kształtować strategię UE w erze ogólnej sztucznej inteligencji*. PISM Policy Paper, nr 1.

Streszczenie

Celem artykułu jest określenie wpływu sztucznej inteligencji na potęgę informacyjną państw. Zgodnie z proponowanym modelem, potęga informacyjna obejmuje aspekt strukturalny i technologiczny. Wpływ sztucznej inteligencji na potęgę informacyjną został oszacowany na podstawie rozmieszczenia zasobów surowców krytycznych i infrastruktury produkcyjnej związanej z rozwojem AI (aspekt strukturalny), oraz w oparciu o rozmieszczenie i skalę inwestycji oraz infrastruktury obliczeniowej, jak również zdolności do projektowania i trenowania zaawansowanych modeli AI. Na podstawie badań stwierdzono, że rozwój sztucznej inteligencji sprawia, że państwa dysponujące rozwiniętą bazą strukturalną i technologiczną zwiększają swoją przewagę, podczas gdy podmioty o ograniczonej infrastrukturze pozostają zależne od zewnętrznych centrów produkcji i rozwoju modeli AI. W konsekwencji AI nie jest jedynie narzędziem przetwarzania informacji, lecz czynnikiem strukturalnie modyfikującym potęgę informacyjną państw.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja; potęga informacyjna; Syntetyczny Model Potęgi Informacyjnej (SMPI); przemysł półprzewodników; infrastruktura technologiczna.