Geopolityka krzemu: chipy jako fundament władzy i gospodarki

AUTOR

Fundacja Dobre Państwo

STRESZCZENIE / ABSTRACT

Współczesna geopolityka opiera się na krzemie, który stał się strategicznym zasobem o znaczeniu przewyższającym dawną rolę węgla czy ropy naftowej. Chipy, będące sercem miliardów tranzystorów, determinują nie tylko wzrost gospodarczy, ale przede wszystkim zdolności militarne i suwerenność technologiczną państw. Artykuł zgłębia unikalną rolę tajwańskiego TSMC oraz holenderskiego ASML, których dominacja w produkcji i litografii EUV tworzy wąskie gardła w globalnym łańcuchu dostaw. Poprzez pryzmat teorii weaponized interdependence oraz koncepcji państwa przedsiębiorczego, tekst analizuje, jak kontrola nad mocą obliczeniową staje się narzędziem nacisku politycznego. To kompleksowe spojrzenie na architekturę produkcji, logistykę ryzyka oraz bariery wejścia, które definiują nową ekonomię polityczną XXI wieku, gdzie bezpieczeństwo narodowe jest nierozerwalnie związane z innowacjami w sektorze półprzewodników.

Contemporary geopolitics is based on silicon, which has become a strategic resource surpassing the former role of coal or oil. Chips, at the heart of billions of transistors, determine not only economic growth but, above all, the military capabilities and technological sovereignty of states. This article explores the unique role of Taiwan's TSMC and the Netherlands' ASML, whose dominance in EUV production and lithography creates bottlenecks in the global supply chain. Through the lens of weaponized interdependence and the concept of the entrepreneurial state, the text analyzes how control over computing power is becoming a tool of political pressure. This comprehensive look at the production architecture, risk logistics, and barriers to entry that define the new political economy of the 21st century, where national security is inextricably linked to innovation in the semiconductor sector.

Artykuł analizuje rolę chipów półprzewodnikowych we współczesnym świecie, ukazując je jako fundamentalny zasób strategiczny, porównywalny z węglem, stalą i ropą naftową.

Autor argumentuje, że chipy, będące ucieleśnieniem skondensowanej wiedzy, stały się areną globalnej rywalizacji o władzę, suwerenność i kontrolę nad technologią. Analiza obejmuje perspektywę ekonomiczną, geopolityczną i militarną, ukazując, jak dostęp do zaawansowanych technologii produkcji chipów determinuje pozycję państw i korporacji. Artykuł koncentruje się na roli kluczowych graczy, takich jak TSMC i ASML, oraz na strategiach państw, takich jak Niemcy i Skandynawia, w kontekście dostępu do tych zasobów. Tezą jest, że chipy stały się sakramentem nowoczesnej władzy, a kontrola nad nimi decyduje o warunkach możliwości racjonalności i kształtowaniu przyszłości.

SŁOWA KLUCZOWE

geopolityka krzemu | TSMC | ASML | litografia EUV | weaponized interdependence | model foundry | układy scalone | moc obliczeniowa | łańcuch dostaw | suwerenność technologiczna | państwo przedsiębiorcze | tranzystory | bezpieczeństwo militarne | gospodarka danych | innowacje

Chipy: nowa ropa naftowa i fundament gospodarki

Chipy, których techniczne istnienie sprowadza się do mikroskopijnych różnic potencjałów na krzemowej płytce uformowanej w miliardy tranzystorów, stały się dzisiaj tym, czym węgiel i stal dla klasycznej ekonomii politycznej, a ropa naftowa dla dwudziestowiecznej geopolityki. Są podstawowym zasobem, który warunkuje zarówno zdolność prowadzenia wojny, jak i możliwość utrzymania wzrostu gospodarczego oraz ciągłości codziennego życia. Różnica jest jednak fundamentalna: o ile poprzednie surowce były relatywnie proste fizycznie, o tyle półprzewodnik jest surowcem złożonym, ucieleśniającym skondensowaną wiedzę całych cywilizacji naukowo-technicznych. To nie jest kamień, który się wydobywa, lecz myśl, którą się wytrawia w krzemie.

W takim ujęciu TSMC, ASML, rynek pamięci DRAM oraz sektor wojskowy przestają być czterema odrębnymi historiami. Stają się czterema węzłami jednej sieci, w której gospodarka, państwo i technika splatają się w nową formę porządku światowego, a zarazem w nową płaszczyznę konfliktu. Można powiedzieć, że sfera półprzewodników jest dziś laboratorium globalnej nowoczesności w stanie kryzysu. To właśnie tutaj spór o dostęp do mocy obliczeniowej staje się de facto sporem o dopuszczalny zakres suwerenności państw, uprawnienia kapitału oraz granice militarnego użycia technologii.

Aby zrozumieć, co właściwie jest przedmiotem tej walki, musimy sięgnąć do ontologii chipa. Jeżeli klasyczna ekonomia opisywała świat w kategoriach dóbr, które można wytworzyć przy pomocy pracy ludzkiej i kapitału fizycznego, to chip przenosi nas na zupełnie inny poziom. Praca i kapitał zostają tu zapośredniczone przez zasób trzeciego rzędu: skumulowaną i zaszytą w strukturach krzemu informację o tym, jak przetwarzać inne informacje. Jest to dobro, które nie tylko zwiększa produktywność istniejących procesów, lecz wręcz konstytuuje nowe dziedziny rzeczywistości, takie jak gospodarka danych, sztuczna inteligencja czy wojskowe systemy autonomiczne.

Już sama historia jego narodzin dowodzi, że nad chipem od początku unosił się duch strategii, a nie wolnego rynku. Fundamentalne przejście od lamp próżniowych do tranzystora, a następnie do układu scalonego, zostało zainicjowane nie przez popyt konsumencki, lecz przez zamówienia wojskowe i projekty kosmiczne. ENIAC, z jego osiemnastoma tysiącami psujących się co kilka dni lamp, nie był projektem komercyjnym. Był odpowiedzią na potrzebę armii, która wymagała szybszego obliczania trajektorii pocisków artyleryjskich, a więc precyzyjniejszego operowania przemocą. Gdy Bell Labs ogłaszały wynalezienie tranzystora, a Kilby i Noyce konstruowali pierwsze układy scalone, nie chodziło o smartfon w kieszeni, lecz o stworzenie urządzeń mniejszych, bardziej niezawodnych i energooszczędnych dla zastosowań, w których błąd techniczny przekłada się na błąd strategiczny.

Chip jest więc dobrem osobliwym, ponieważ należy równocześnie do trzech odrębnych sfer: cywilnej konsumpcji, technicznego władania przyrodą oraz militarnego użycia siły. Oznacza to, że wszelkie roszczenia do racjonalnego uzasadnienia jego produkcji i dystrybucji muszą być rozpatrywane równocześnie na trzech płaszczyznach. Musimy pytać o prawdziwość opisów technicznych, o słuszność norm regulujących handel i bezpieczeństwo oraz o autentyczność obaw społecznych, które w ten sposób reagują na cyfrową transformację.

TSMC: wąskie gardło globalnej produkcji krzemu

Historia TSMC to modelowy przykład, jak państwo za pomocą polityki przemysłowej może stworzyć instytucję, która staje się punktem odniesienia dla całej globalnej gospodarki. Rząd Tajwanu, powierzając Morrisowi Changowi misję budowy przemysłu półprzewodnikowego, nie planował stworzenia monopolisty. Celem było raczej skonsolidowanie rozproszonych dotąd zasobów technologicznych i kapitałowych w jedną strukturę, zdolną świadczyć usługi produkcyjne dla wielu graczy na rynku. Była to od samego początku strategia otwartej platformy, a nie zamkniętej twierdzy.

Model foundry, w którym TSMC nie projektuje własnych chipów, lecz oferuje moce produkcyjne wszystkim chętnym, ukształtował globalną architekturę technologiczną. Dolina Krzemowa mogła dzięki niemu skupić się na projektowaniu coraz bardziej złożonych układów, pozostawiając kapitałochłonną i ryzykowną produkcję Azji Wschodniej. W rezultacie Tajwan stał się miejscem, gdzie co roku powstaje nawet ponad jedna trzecia nowej mocy obliczeniowej świata. W kategoriach ekonomii bezpieczeństwa oznacza to, że wyspa pełni funkcję cieśniny technologicznej, której znaczenie jest porównywalne z cieśninami morskimi dla handlu ropą i gazem.

Jeżeli gospodarka światowa opiera się na przetwarzaniu danych przez coraz gęściej upakowane tranzystory, to koncentracja ich produkcji w jednej jurysdykcji rodzi fundamentalne ryzyko. Logika podaży i popytu ustępuje miejsca logice potencjalnego kryzysu militarnego wokół Tajwanu, która zaczyna kształtować prognozy gospodarcze. Zakłócenie pracy fabryk TSMC oznaczałoby bowiem utratę ogromnej części rocznego przyrostu mocy obliczeniowej globu. Byłaby to materializacja scenariusza, w którym recesja technologiczna okazuje się głębsza i bardziej dotkliwa niż klasyczne kryzysy finansowe.

Z perspektywy niemieckiej gospodarki, zorientowanej na dobra przemysłowe, takie jak samochody, maszyny i chemikalia, sytuacja ta tworzy szczególne napięcie. Niemiecki przemysł motoryzacyjny, którego sukces opierał się na logice just in time, czyli dostawach komponentów na ostatnią chwilę, i rozległych łańcuchach dostaw, przeżył szok w czasie pandemicznych niedoborów półprzewodników. Okazało się, że jego ordoliberalna wiara w przewidywalny, zglobalizowany porządek rynkowy była w istocie zaufaniem do stabilności tajwańskiej produkcji – stabilności, której nie gwarantuje żadna umowa, lecz delikatna równowaga geopolityczna w regionie.

Tymczasem gospodarki skandynawskie – małe, otwarte systemy o silnych instytucjach i wysokim zaufaniu społecznym – podeszły do tego problemu jak do zarządzania ryzykiem portfelowym. Norweski państwowy fundusz majątkowy oraz szwedzkie i fińskie fundusze emerytalne włączyły TSMC i ASML do swoich globalnych portfeli inwestycyjnych. Traktują je jako ekspozycję na długoterminową premię za innowacyjność, jednocześnie uznając, że ryzyko geopolityczne jest nieusuwalne. Należy je zatem rozproszyć poprzez szeroką dywersyfikację, a nie eliminować przez kosztowne i iluzoryczne próby autarkii.

Można więc powiedzieć, że o ile Niemcy patrzą na TSMC przede wszystkim przez pryzmat bezpieczeństwa dostaw dla swojego przemysłowego rdzenia i reagują koncepcjami relokacji produkcji do Europy, o tyle Skandynawia widzi w tej firmie element globalnej infrastruktury. Infrastruktury, którą należy objąć finansowym współposiadaniem i regulacyjną przejrzystością, ale niekoniecznie przenosić fizycznie na własne terytorium. Przewagą ich modelu jest bowiem elastyczne wpięcie się w istniejący system, a nie jego kosztowna replikacja.

Monopol ASML: litografia EUV napędza miniaturyzację

W samym sercu produkcji najnowocześniejszych chipów leży proces przypominający raczej alchemię niż inżynierię: litografia w skrajnym ultrafiolecie. Maszyna EUV, generując światło o długości fali kilkunastu nanometrów, pozwala drukować na krzemie wzory tak misterne, że pojedynczy tranzystor jest mniejszy od większości wirusów. To skala poniżej dziesięciu miliardowych części metra. Jedynym producentem tych urządzeń jest ASML, firma z niewielkiego holenderskiego Veldhoven, której strategia biznesowa sama w sobie jest fortecą. Zamiast produkować wszystko samodzielnie, ASML integruje komponenty od dziesiątek wyspecjalizowanych dostawców, tworząc ekosystem niemożliwy do skopiowania. Próba replikacji jednej maszyny wymagałaby odtworzenia całej, budowanej przez trzy dekady sieci firm, standardów i wiedzy.

Aby pojąć skalę tego zjawiska, wystarczy posłużyć się synekdochą i spojrzeć na jeden, mikroskopijny detal. W komorze maszyny EUV lewituje kropla cyny, która jest trafiana dwukrotnie potężnym impulsem laserowym: pierwszy ją podgrzewa, drugi zamienia w plazmę o temperaturze wyższej niż na powierzchni Słońca. To właśnie ta kula ognia emituje bezcenne światło EUV. W tym jednym, idealnie kontrolowanym zdarzeniu skupiają się napięcia całego globalnego systemu. Bez tej kropli nie ma światła, bez światła nie ma chipów nowej generacji, a bez nich zatrzymuje się postęp w dziedzinie sztucznej inteligencji i nowoczesnej broni. Globalna geopolityka stała się więc zakładnikiem fizyki jednej kropli metalu. To fraktalny szczegół, w którym odbija się całość: niezwykła koordynacja nauki i przemysłu, ale też ekstremalna kruchość całego systemu.

Dla niemieckiego ustawodawcy, przyzwyczajonego do myślenia w kategoriach stabilnego porządku prawnego, ta sytuacja stanowi intelektualne wyzwanie. Oto krytyczny element światowej gospodarki znajduje się w rękach prywatnej spółki z małego kraju, a kluczowe decyzje eksportowe zapadają w kuluarach rozmów między Hagą a Waszyngtonem. Tradycyjne prawo gospodarcze nie zostało zaprojektowane do regulowania monopolu na, w istocie, technologiczną drukarnię całej cywilizacji. Jest bezradne wobec rzeczywistości, w której władza nie wynika z traktatów, lecz z panowania nad prawami fizyki.

Zupełnie inaczej patrzą na to gospodarki skandynawskie, gdzie kultura polityczna opiera się na przejrzystości i współodpowiedzialności. Dla nich ASML nie jest anomalią, lecz dowodem na konieczność stworzenia nowych, globalnych standardów. Zamiast polegać na bilateralnych naciskach jednego hegemona, proponują międzynarodową kontrolę transferu technologii, opartą na uznaniu tych maszyn za globalne dobro wspólne. To próba przełożenia logiki high trust

governance, czyli zarządzania opartego na wysokim zaufaniu, na arenę międzynarodową, gdzie dominuje raczej podejrzliwość.

Współczesna myśl ekonomiczna, zwłaszcza w nurtach takich jak geoekonomia oraz weaponized interdependence – czyli teoria uzbrajania wzajemnych zależności – dostarcza narzędzi do analizy tego zjawiska. Opisuje ona, jak kluczowe węzły w globalnych sieciach gospodarczych stają się instrumentami siły państw. ASML jest tego podręcznikowym przykładem. Kontrola eksportu maszyn do Chin to z jednej strony narzędzie do spowalniania rozwoju technologicznego rywala, a z drugiej – środek ochrony światowego bezpieczeństwa przed użyciem najnowszych chipów w systemach wojskowych potencjalnego przeciwnika. To właśnie tutaj technologia staje się geopolityką w najczystszej postaci.

Zimna wojna i Pentagon: militarny rodowód układów scalonych

Historia półprzewodników zatacza koło, zaczynając i kończąc w cieniu sektora militarnego. To armia zamówiła komputer ENIAC, to NASA składała pierwsze masowe zamówienia na układy scalone, a sama logika miniaturyzacji i niezawodności została podyktowana potrzebą sterowania trajektorią rakiet i nawigacją statków kosmicznych. Był to paradygmat, w którym technologia rodziła się na polu bitwy, a dopiero później trafiała pod strzechy.

Gdy technologia dojrzała, wojsko straciło pozycję głównego klienta w liczbach bezwzględnych, ustępując miejsca rosnącemu rynkowi konsumenckiemu. Niemniej jednak jego znaczenie jakościowe urosło do rangi strategicznej. Precyzyjne bomby naprowadzane laserem, systemy satelitarne, szyfrowana komunikacja, a później drony i systemy rozpoznania sygnałowego – każde z tych zastosowań stawiało układom scalonym ekstremalne wymagania w zakresie odporności na zakłócenia, promieniowanie czy potężne przeciążenia.

Ta sama historia toczy się dziś na nowo w debatach o sztucznej inteligencji. Ten sam procesor, który w centrum danych optymalizuje rekomendacje filmowe, może sterować autonomiczną platformą bojową lub analizować obrazy satelitarne w poszukiwaniu celów. W ten sposób ontologia chipa – to znaczy pytanie o to, czym on właściwie jest – ulega dramatycznemu rozszerzeniu. Odpowiedzialność za łańcuch dostaw przeistacza się w odpowiedzialność za potencjalne użycie siły, co rysuje zupełnie nowe pole roszczeń dotyczących normatywnej słuszności praktyk eksportowych i inwestycyjnych.

Dla Niemiec, których kultura strategiczna po II wojnie światowej opiera się na głębokiej nieufności wobec technologii militarnej i prymacie prawa międzynarodowego, ta dwoista natura chipów jest źródłem stałego napięcia. Z jednej strony stoi pragmatyczne dążenie do utrzymania konkurencyjności gospodarczej, z drugiej – normatywna potrzeba ograniczania ryzyka eskalacji zbrojeń. Głośny spór o udział Huawei w budowie niemieckiej sieci 5G był właśnie krystalizacją tej fundamentalnej ambiwalencji.

Gospodarki skandynawskie, które zachowały własny, choć mniejszy przemysł zbrojeniowy i cenią sobie przejrzystość, reagują inaczej. Próbują włączyć problem chipów wojskowych w szerszy dyskurs o odpowiedzialnym wprowadzaniu innowacji. Dla nich kluczowe staje się pytanie, czy architektura regulacyjna może narzucić minimalne standardy audytu etycznego, na przykład w badaniach nad autonomicznymi systemami uzbrojenia, oraz czy małe państwo może realnie wymusić takie standardy na globalnych korporacjach.

Uzbrojona współzależność: handel jako broń polityczna

Współczesna myśl ekonomiczna i geopolityczna coraz częściej postrzega chipy jako centralny przykład broni w erze globalnej współzależności. Posługuje się ona pojęciem weaponized interdependence, które opisuje sytuację, gdy dominujące państwo wykorzystuje kontrolę nad kluczowymi węzłami sieci finansowych i technologicznych, by wymuszać na innych pożądane zachowania bez użycia siły militarnej. W tej grze nie liczą się czołgi, lecz dostęp do technologii.

W tym właśnie kontekście kontrola nad maszynami ASML, dominującym oprogramowaniem do projektowania układów (EDA) oraz standardami architektury procesorów staje się dźwignią, która pozwala Stanom Zjednoczonym blokować rozwój chińskiej konkurencji. Dzieje się tak, mimo że fizyczna produkcja została w dużej mierze przeniesiona do Azji Wschodniej. To pozorny paradoks, którego logika jest jednak prosta: o rzeczywistej władzy technologicznej nie decyduje dziś własność fabryk, lecz panowanie nad elementami niezbędnymi i jednocześnie niedostępnymi dla wszystkich.

Ekonomiści heterodoksyjni, tacy jak Dani Rodrik, podkreślają przy tym, że w sektorach o tak specyficznej strukturze klasyczne rozróżnienie między dozwoloną a niedozwoloną polityką przemysłową staje się czystą fikcją. Każda decyzja licencyjna, każdy standard kontroli eksportu, każdy wybór priorytetów w finansowaniu badań jest jednocześnie aktem geopolitycznym, który faworyzuje jeden blok państw, ograniczając pole manewru drugiego. Neutralność prawa handlowego okazuje się iluzją.

Z kolei ekonomiści czerpiący z myśli Schumpetera, rozwiniętej przez Marianę Mazzucato w koncepcji państwa przedsiębiorczego, widzą w historii TSMC i ASML dowód na inną tezę. Bez odważnej, ryzykownej roli państwa jako pierwszego inwestora i organizatora innowacyjnego ekosystemu powstanie instytucji o takiej skali byłoby niemożliwe. Nie jest bowiem przypadkiem, że TSMC narodziło się jako projekt państwa tajwańskiego, a ASML jako spin-off państwowo-prywatnego konglomeratu Philipsa, przy politycznej życzliwości dopuszczającej niezwykle długi horyzont zwrotu z inwestycji.

Jednocześnie w literaturze krytycznej pojawia się ostrzeżenie przed sprowadzeniem całej debaty do logiki militarnej. Jeśli dyskurs o chipach zostanie całkowicie zawłaszczony przez rywalizację mocarstw, z pola widzenia znikną kwestie globalnej sprawiedliwości: wykluczenie cyfrowe, nierówny dostęp do infrastruktury czy ochrona prywatności. Chip stanie się wtedy jedynie narzędziem projekcji siły, a nie elementem racjonalizacji świata, w którym technologia powinna służyć także autonomii jednostek i wspólnot.

Warto tu przywołać trafną myśl Roberta Gilpina, jednego z najwnikliwszych analityków relacji między technologią a władzą, który pisał, że technologia jest zarazem narzędziem i wytworem układu sił. W naszym kontekście oznacza to, że chipy są nie tylko instrumentem w grze mocarstw, ale także materialnym ucieleśnieniem wcześniejszych zwycięstw i kompromisów, które ukształtowały architekturę globalnego kapitalizmu.

Gdybyśmy spojrzeli na chip oczami antropologa kultury, zobaczylibyśmy w nim nie tylko artefakt inżynieryjny, lecz symboliczną figurę nowoczesnej racjonalności. Oto abstrakcyjne modele świata, zakodowane w funkcjach matematycznych, przekształcają się w zdolność sterowania procesami na odległość. Chip jest, jak ujałby to Habermas, wcieleniem rozumu technicznego, który oddzielił się od rozumu praktycznego – czyli od refleksji nad tym, jakie cele warto realizować i jak wpływają one na wzajemne relacje między ludźmi.

Jeżeli ta separacja stanie się ostateczna, a debata o półprzewodnikach zostanie zredukowana do wyścigu o to, kto szybciej zbuduje mniejszy tranzystor i zdobędzie przewagę w wojnie elektronicznej, wówczas logika systemu technicznego zacznie determinować życie społeczne. Habermas nazwał ten proces kolonizacją świata przeżywanego przez system. Chip przestanie być narzędziem, a stanie się quasi-autonomicznym czynnikiem kształtującym porządek społeczny.

Z tej perspektywy odpowiedzialny dyskurs gospodarczy o TSMC, ASML i roli wojska nie może ograniczać się do analizy bilansów i stóp zwrotu. Musi zostać uzupełniony o refleksję nad tym, kto ma prawo decydować o odcięciu całego kraju od zaawansowanych narzędzi litograficznych oraz

jakie kryteria uznajemy za wiążące, gdy mówimy o dopuszczalności militarnego użycia danej technologii. To pytania nie tylko o zysk, ale przede wszystkim o legitymizację władzy.

Niemcy vs. Skandynawia: strategie odporności dostaw

Jeśli czytelnikiem tych analiz jest strateg korporacyjny, poruszający się w realiach globalnego biznesu, teoria musi ustąpić miejsca praktyce. Nie chodzi jednak o listę prostych zaleceń, lecz o wskazanie pytań, które powinny na stałe wejść do kanonu procedur decyzyjnych. To zmiana sposobu myślenia, nie tylko procedur.

Po pierwsze, każda firma, której krwiobiegiem jest technologia cyfrowa, musi zrekonstruować swoją mapę zależności półprzewodnikowych. To praca detektywistyczna, a nie księgowa. Mapa ta musi obejmować nie tylko bezpośrednich dostawców układów, ale sięgać głębiej: do konkretnych fabryk, w których powstają, do narzędzi litograficznych, które je rzeźbią, i do oprogramowania, które je projektuje. Dopiero na podstawie tak sporządzonego technologicznego drzewa genealogicznego można sensownie ocenić, które zdarzenie geopolityczne lub regulacyjne może zagrozić ciągłości działania.

Po drugie, zarządy muszą uznać, że w świecie chipów klasyczne zarządzanie ryzykiem dostaw jest już anachronizmem. Dywersyfikacja geograficzna i kontraktowa to za mało, gdy całe kategorie technologii mogą stać się niedostępne nie z powodu awarii fabryki, lecz z powodu sankcji, kontroli eksportu czy skoordynowanej decyzji państw. Wymusza to budowę nowych kompetencji: zespoły strategiczne muszą płynnie poruszać się na styku prawa, ekonomii i inżynierii, rozumiejąc język regulacji handlu technologią. To koniec ery wąskich specjalizacji.

Po trzecie, rada nadzorcza powinna traktować ekspozycję na rynek półprzewodników jako element ryzyka systemowego. Jest to czynnik, którego nie da się łatwo zdywersyfikować na poziomie pojedynczej spółki, podobnie jak nie da się ubezpieczyć od globalnego kryzysu finansowego. Dobrą praktyką staje się więc włączenie do cyklicznych przeglądów ryzyka stałego punktu: globalnej architektury chipów. Analiza roli TSMC, ASML, koreańskich producentów pamięci i chińskich ambicji pozwala uprzedzić zdarzenia, które wydają się mało prawdopodobne, lecz których skutki byłyby katastrofalne.

Wreszcie, po czwarte, zarządzający muszą zrozumieć, że spór o chipy ma również wymiar reputacyjny i etyczny. Decyzja o wyborze dostawcy, włączeniu lub wykluczeniu chińskich podmiotów z łańcucha wartości czy lobbowaniu na rzecz konkretnych regulacji jest zarazem opowiedzeniem się po jednej ze stron w sporze o dozwolone użycie technologii. W świecie, w

którym inwestorzy, pracownicy i konsumenci coraz dotkliwiej rozliczają firmy ze spójności między deklaracjami a praktyką, lekceważenie tego wymiaru może okazać się niezwykle kosztownym błędem.

Pamięci DRAM: pole bitwy o technologiczną dominację

Rynek pamięci DRAM, pozornie monotonne zagadnienie techniczne dotyczące standaryzowanych komponentów, staje się fascynującym laboratorium globalnego kapitalizmu. To właśnie tutaj można prześledzić, jak bezwzględna konkurencja cenowa, hojne subsydia państwowe i żelazna logika gigantycznych inwestycji prowadzą do radykalnej koncentracji, w wyniku której z rynku znikają kolejni gracze. Jest to gra o sumie zerowej, w której zwycięzca bierze niemal wszystko.

W latach osiemdziesiątych japońskie koncerny, wspierane politycznie i finansowo przez Tokio, zalały rynek kapitałem przeznaczonym na budowę fabryk. W pewnym momencie ich udział w globalnych wydatkach inwestycyjnych sięgał połowy, co pozwoliło im na prowadzenie agresywnej polityki cenowej. Amerykańskie firmy, z Intelem na czele, były systematycznie wypychane z segmentu DRAM, nie mogąc sprostać tej przewadze skali. Była to precyzyjnie zaplanowana operacja przejęcia rynku.

Dla amerykańskich menedżerów było to doświadczenie traumatyczne, rodzące oskarżenia o dumping i kradzież własności intelektualnej. Jednak z perspektywy czasu okazało się ono strategicznym błogosławieństwem. Porzucając DRAM, Intel skupił całą swoją energię na mikroprocesorach, co zapewniło mu dekady dominacji na rynku CPU. Tymczasem japońscy giganci ugrzęźli w coraz bardziej cyklicznym i kapitałochłonnym segmencie pamięci, wygrywając bitwę, lecz przegrywając wojnę o technologiczną hegemonię.

Dziś produkcja DRAM jest skonsolidowana w rękach zaledwie trzech podmiotów: dwóch z Korei Południowej oraz amerykańskiej firmy Micron, której kluczowe operacje i tak ulokowano w Azji. Koszt budowy nowoczesnej fabryki pamięci sięga dwudziestu miliardów dolarów, co czyni rynek zamkniętą twierdzą. Wejście nowego gracza wymagałoby nie tylko niewyobrażalnego kapitału, ale również dostępu do hermetycznego ekosystemu dostawców sprzętu, chemikaliów i narzędzi projektowych.

Ta nowa rzeczywistość rynkowa wymusza rewizję klasycznej teorii handlu. Naiwna wiara w automatyczne dobrodziejstwa specjalizacji, opartej na przewagach komparatywnych, ustępuje miejsca twardemu realizmowi. W sektorach, w których dominują ogromne koszty utopione, efekty uczenia się i dodatnie sprzężenia zwrotne, ścieżka rozwoju zostaje trwale zdominowana przez

wczesnych zwycięzców. Państwo, które zbyt długo pozostaje biernym obserwatorem, skazuje się na permanentną zależność od cudzych mocy produkcyjnych.

Z tej perspektywy niemieckie elity gospodarcze, obserwując paraliż przemysłu samochodowego z powodu niedoborów czipów, zaczęły rozumieć, że rezygnacja z własnych kompetencji była aktem zbyt daleko idącego zaufania do globalizacji. Inaczej problem postrzega się w Skandynawii, gdzie gospodarka jest bardziej zróżnicowana. Tam dominuje przekonanie, że zamiast budować własne fabryki w małych krajach, kluczowe jest stworzenie zdolności do szybkiej dywersyfikacji dostaw i budowy strategicznych zapasów.

Fabryki 2 nm: miliardowe koszty wejścia do elity

Jeśli ktoś wciąż wierzy, że „czip" to mały kawałek krzemu za kilka dolarów, to znaczy, że dawno nie widział rachunku za fabrykę. Dziś pojedyncza decyzja inwestycyjna w tej branży wygląda następująco: albo kupujemy dwa lotniskowce, albo jedną fabrykę 2-nanometrowych układów scalonych. Szacunki kosztu nowoczesnej fabryki 2 nm sięgają bowiem 28 miliardów dolarów, przy czym już „skromna" fabryka 3 nm to wydatek rzędu 15–20 miliardów dolarów. To jest kapitałochłonność w czystej postaci – przemysł półprzewodników stał się najdroższą cywilną infrastrukturą przemysłową w historii ludzkości. Ale po kolei.

Na poziomie samej technologii operujemy dziś na liczbach, które pomagają zrozumieć skalę tego przedsięwzięcia. Procesor Apple A17 Pro, masowo produkowany układ w telefonie, zawiera około dziewiętnastu miliardów tranzystorów w jednym kawałku krzemu wykonanym w procesie 3 nm przez TSMC. Oznacza to, że w kieszeni pojedynczego smartfona użytkownik nosi ponad dwukrotnie więcej przełączników logicznych, niż wynosiła populacja świata w połowie XX wieku. Na drugim końcu skali stoją układy do sztucznej inteligencji. Zapowiedziany na 2025 rok „superczip" Nvidii – Vera Rubin – dla centrów danych AI operuje na poziomie około sześciu bilionów tranzystorów, zbudowanych jako złożony pakiet wielu matryc GPU i CPU. To daje rząd wielkości siedmiuset pięćdziesięciu tranzystorów przypadających na każdego mieszkańca planety – w jednym komponencie, w jednym serwerze.

Sama produkcja tych struktur wymaga narzędzi, które leżą na granicy możliwości technicznych naszej cywilizacji. Maszyny EUV holenderskiej firmy ASML, wykorzystujące litografię w skrajnym ultrafiolecie, działają w sposób niemal fantastyczny: laser uderza w mikroskopijną kroplę cyny, podgrzewając ją do stanu plazmy o temperaturze wyższej niż na powierzchni Słońca. Błysk ten jest następnie formowany w precyzyjną wiązkę, która „rysuje" tranzystory na krzemowym waflu. Najbardziej zaawansowane skanery EUV kosztują od 220 milionów dolarów za sztukę, natomiast

nowa generacja High-NA EUV zbliża się do 400 milionów dolarów za pojedynczą maszynę. W typowej fabryce jest ich kilkanaście, toteż sama „sala litografii” stanowi majątek porównywalny z flotą dużych linii lotniczych.

Warto przy tym odnotować, że w 2024 roku firma ASML sprzedała czterdzieści cztery maszyny EUV oraz ponad trzysta „klasycznych” DUV. Chiny stały się kluczowym rynkiem dla tych mniej zaawansowanych narzędzi, co doskonale ilustruje dywersyfikację technologiczną. Kraj odcięty od najnowszej generacji agresywnie inwestuje w poprzednie, budując potężną „drugą ligę” produkcji.

Jeżeli spojrzeć na branżę jako całość, półprzewodniki stały się jednym z nielicznych sektorów, które regularnie przekraczają pół biliona dolarów rocznej sprzedaży. Według danych SIA globalna sprzedaż czipów osiągnęła w 2024 roku około 627–656 miliardów dolarów, notując wzrost o 19–21 procent rok do roku. Obroty tej branży są zatem większe niż PKB większości państw świata, przy czym jest to tylko fundament, na którym dopiero buduje się cały przemysł komputerów, smartfonów, centrów danych, motoryzacji czy obronności. Jednocześnie jej bezpośredni udział w globalnym PKB wynosi mniej niż jeden procent. To klasyczny przypadek sektora o niskim udziale

CHIPS Act i dotacje: renesans polityki przemysłowej

Struktura własności w przemyśle półprzewodników wymyka się prostym definicjom, tworząc paradoksalny splot globalnego kapitalizmu i państwowego lewiatana. Na pierwszy rzut oka widzimy obraz typowy dla wolnego rynku: spółki giełdowe, których akcjonariat rozproszony jest między fundusze emerytalne, ETF-y i rzesze drobnych inwestorów. Jednak pod tą rynkową fasadą kryje się twarda, choć często dyskretna, obecność państwa.

Model azjatycki ilustruje tę dwoistość najpełniej. Tajwańskie TSMC, formalnie prywatna korporacja notowana w Tajpej i Nowym Jorku, jest w istocie dzieckiem państwowego projektu, a w jego kapitale do dziś kluczową rolę odgrywają instytucje powiązane z rządem. Podobnie w Japonii, gdzie joint venture JASM – budujące fabrykę TSMC za blisko 23 miliardy dolarów – to misterna konstrukcja. W jej strukturę wpleciono udziały korporacyjnych gigantów, takich jak Sony, Denso i Toyota, podczas gdy cała inwestycja jest obficie subsydiowana przez rząd w Tokio.

Pekin natomiast odrzucił subtelności, wybierając drogę otwartej interwencji. Stworzony przez państwo „Wielki Fundusz”, dysponujący aktywami rzędu 95 miliardów dolarów, nie jest pasywnym inwestorem finansowym. To zbrojne ramię polityki przemysłowej, którego celem jest systemowe wspieranie krajowych czempionów i zasypanie technologicznej przepaści dzielącej Chiny od

Zachodu. W praktyce oznacza to, że lwia część mocy produkcyjnych w Chinach stanowi „współwłasność" państwa w sensie nie tylko ekonomicznym, ale przede wszystkim politycznym.

Stany Zjednoczone przyjęły jeszcze inną strategię, w której państwo, zamiast być udziałowcem, staje się hojnym donatorem. Ustawa CHIPS and Science Act z 2022 roku to potężny instrument tej polityki, oferujący 52,7 miliarda dolarów w formie subsydiów i ulg podatkowych na produkcję oraz badania, uzupełniony o dziesiątki miliardów w gwarancjach kredytowych. Z perspektywy ekonomicznej jest to nic innego jak de facto częściowa nacjonalizacja ryzyka kapitałowego. Prywatni akcjonariusze wciąż inkasują dywidendy, lecz to państwo absorbuje znaczną część ryzyka związanego z budową kapitałochłonnych fabryk.

Ta zmiana filozofii jest tak głęboka, że główna linia politycznego sporu w USA nie przebiega już wokół pytania, czy wspierać branżę, lecz jak to robić. Jedna strona broni subsydiów jako strategicznej tarczy w konfrontacji z Chinami. Druga zaś argumentuje, że wystarczyłaby agresywna polityka celna i presja regulacyjna, domagając się nawet rewizji części wypłat w ramach CHIPS Act. Sam fakt, że debata zeszła na poziom narzędzi, dowodzi, iż paradygmat czysto rynkowy został w tej grze bezpowrotnie porzucony.

Bariery suwerenności: brak talentów i złożoność produkcji

Aby sprawdzić, czy te rozważania nie są jedynie retoryczną figurą, poddajmy je logicznemu testowi. Spróbujmy uchwycić ich strukturę w formie zagadki opartej na rachunku zdań, gdzie poszczególne zmienne będą reprezentować filary współczesnego sektora półprzewodników. To ćwiczenie pozwoli zobaczyć, jak twarde reguły logiki modelują geopolityczną grę o technologiczną suwerenność.

Przekształćmy zatem ten skomplikowany krajobraz w cztery proste zdania. Niech P oznacza, że dane państwo ma niezakłócony dostęp do najnowocześniejszych fabryk TSMC. Niech Q symbolizuje dostęp do maszyn litograficznych EUV od holenderskiego ASML, bez których produkcja najnowszych chipów jest niemożliwa. Zmienna R będzie odpowiadać zdolności do projektowania zaawansowanych układów z użyciem wiodącego oprogramowania EDA. Wreszcie, niech S oznacza ostateczny cel: technologiczną samowystarczalność w dziedzinie zaawansowanych półprzewodników.

Ustalmy teraz reguły gry, czyli założenia odzwierciedlające obecny stan rzeczy, traktując je nie jako empiryczny dogmat, lecz jako strukturalny model. Po pierwsze, jeśli państwo nie ma ani dostępu do TSMC, ani do ASML, nie może być samowystarczalne, co w języku logiki przybiera postać

implikacji $(\neg P \wedge \neg Q) \rightarrow \neg S$. Po drugie, brak dostępu do oprogramowania EDA uniemożliwia projektowanie, a zatem i osiągnięcie samowystarczalności: $\neg R \rightarrow \neg S$. Po trzecie, posiadanie maszyn ASML i zdolności projektowych otwiera drogę do niezależności, nawet bez TSMC, co wyrażamy jako $(Q \wedge R) \rightarrow S$. I wreszcie, dla państwa bez maszyn ASML jedyną ścieżką do suwerenności jest połączenie dostępu do fabryk TSMC z własnym potencjałem projektowym, czyli $\neg Q \rightarrow (S \rightarrow (P \wedge R))$.

Pytanie jest proste, choć jego konsekwencje są fundamentalne: czy z tych założeń wynika, że państwo z dostępem do TSMC, ale pozbawione maszyn ASML i własnego oprogramowania EDA, może być technologicznie samowystarczalne? Formalnie rzecz biorąc, badamy scenariusz, w którym P jest prawdą, zaś Q i R fałszem, i pytamy, czy S może być prawdziwe bez popadania w sprzeczność.

Rozwiązanie jest błyskawiczne i nie wymaga analizy całego systemu. Już drugie założenie przesądza sprawę. Skoro państwo nie posiada zdolności projektowych (R jest fałszywe), to z implikacji $\neg R \rightarrow \neg S$ nieuchronnie wynika, że nie może być samowystarczalne ($\neg S$ jest prawdziwe). Pozostałe, bardziej złożone zależności stają się bezprzedmiotowe, gdyż już sam brak kompetencji w projektowaniu chipów zamyka drogę do suwerenności.

Interpretacja ekonomiczna tego wyniku jest uderzająco prosta i niepokojąca. Nawet jeśli państwo może kupować gotowe, najnowocześniejsze układy od TSMC, ale nie posiada własnych zdolności projektowych, a jedynie narzędzia kontrolowane przez inne jurysdykcje, jego suwerenność jest iluzją. Staje się ono jedynie konsumentem, trwale uzależnionym od decyzji zewnętrznych graczy, którzy dyktują architekturę, standardy i kierunki rozwoju technologicznego.

Cała siła tego logicznego modelu polega na jego elastyczności. Można go rozszerzyć, zachęcając czytelnika do refleksji: co by się stało, gdyby państwo X oparło się na starszych technologiach litograficznych lub stworzyło własne, mniej zaawansowane oprogramowanie EDA? Rachunek zdań pozostałby ten sam, zmieniłaby się jedynie empiryczna treść symboli. To doskonale

Model foundry: separacja projektowania od produkcji chipów

Mówiąc o „przemyśle chipów", łatwo ulec złudzeniu, że to jedna, monolityczna gałąź gospodarki. W rzeczywistości mamy do czynienia z całą konstelacją subbranż, z których każda podlega odmiennym cyklom i rządzi się własną wewnętrzną logiką.

Na szczycie tej hierarchii znajdują się wysokowydajne układy logiczne: procesory CPU, GPU i akceleratory AI dla centrów danych. Tu dominują Nvidia, AMD oraz Intel, a po stronie odlewni – TSMC oraz częściowo Samsung. Wymagają one najbardziej zaawansowanych węzłów technologicznych, co oznacza pełne wykorzystanie litografii EUV, najdroższe fabryki i najwyższe marże. To właśnie ten obszar jest dziś lokomotywą wzrostu całego sektora; TSMC raportuje, że w 2025 roku około połowa przychodów będzie bezpośrednio związana z AI i HPC, przy marżach brutto przekraczających 58%.

Pamięci DRAM i NAND charakteryzują się zupełnie inną dynamiką. Trzy globalne korporacje – Samsung, SK Hynix i Micron – dominują w segmencie DRAM, a podobna triada w NAND. To właśnie tu w latach osiemdziesiątych rozgrywała się amerykańsko-japońska wojna o chipy. Dziś ta podbranża pozostaje skrajnie kapitałochłonna, ale jest znacznie bardziej cykliczna i mniej rentowna niż sektor układów logicznych premium. Koszt nowej fabryki pamięci, rzędu 20 miliardów dolarów, jest porównywalny z nakładami na fabrykę układów logicznych, lecz towarzyszą mu brutalne wahania cen produktu. Obecne inwestycje Microna w USA i Japonii, liczone łącznie w dziesiątkach miliardów dolarów, są tego wymownym przykładem.

W świecie układów analogowych, czujników i układów mocy działają GlobalFoundries, Infineon, NXP oraz dziesiątki mniejszych graczy. Wykorzystują oni technologie starszych węzłów, ale generują ogromne wolumeny, zwłaszcza dla motoryzacji, przemysłu i energetyki. Historia GlobalFoundries, które mimo przychodów rzędu 6,7 miliarda dolarów w 2024 roku zakończyło rok stratą księgową z powodu odpisu przestarzałego parku maszynowego, jest brutalnym dowodem na to, jak szybko dezaktualizuje się kapitał w tej branży.

Istnieje też metasektor – fundament, na którym stoi cała reszta: sprzęt i materiały. Poza ASML mamy tu firmy takie jak Applied Materials, Lam Research, Tokyo Electron, a także producentów chemikaliów, gazów i wafli krzemowych. To dziedzina o wysokich barierach wejścia i własnych punktach krytycznych. W Europie to właśnie wokół nich toczy się dziś debata o „Chips Act 2.0” – strategicznym zwrocie, by nie być jedynie klientem TSMC i Samsunga, lecz posiadać pełne zaplecze sprzętowe i materiałowe.

Ta strukturalna złożoność powoduje, że wskaźniki makroekonomiczne dla całej branży często maskują dramatycznie różne rzeczywistości. Podczas gdy Nvidia i TSMC osiągają rekordowe kapitalizacje, część producentów starszych węzłów walczy o przetrwanie, a mniejsi gracze analogowi żyją w permanentnym lęku przed kolejną falą nadwyżek mocy produkcyjnych. To świat skrajności, gdzie obok siebie istnieją bezprecedensowy boom i cicha walka o rentowność.

Oprogramowanie EDA: amerykański klucz do projektowania

Aby rozbroić retorykę i dotrzeć do twardego jądra polityki chipowej, przeprowadźmy krótki eksperyment myślowy, posługując się precyzją rachunku zdań. Zdefiniujmy cztery fundamentalne stany rzeczy. Niech A reprezentuje ambicję danego państwa do osiągnięcia suwerenności technologicznej. Zmienna B będzie oznaczać kontrolę nad fizyczną produkcją zaawansowanych półprzewodników na własnym terytorium. C to władza nad kluczowymi narzędziami i oprogramowaniem, takimi jak litografia EUV i platformy EDA. Wreszcie D symbolizuje niezakłócony dostęp do globalnego rynku i handlu chipami.

Oficjalne strategie państwowe często opierają się na pozornie prostej tezie: jeżeli dążymy do suwerenności (A), musimy kontrolować produkcję (B), co zapisujemy jako implikację $A \rightarrow B$. Rzeczywistość jest jednak znacznie bardziej złożona i rządzi się surowszymi prawami. Kto bowiem kontroluje narzędzia (C), ten dyktuje warunki handlu (D), stąd $C \rightarrow D$. Z kolei brak kontroli nad narzędziami ($\neg C$) wymusza próbę budowy własnej, choćby nieefektywnej produkcji (B), co daje nam $\neg C \rightarrow B$. Globalny łańcuch dostaw dodaje do tego jeszcze jeden, subtelny warunek: nawet swobodny handel (D) oznacza częściowe uzależnienie od cudzej infrastruktury.

Postawmy zatem kluczowe pytanie, które demaskuje iluzję. Czy z następujących przesłanek: po pierwsze, że suwerenność (A) wymaga albo własnej produkcji (B), albo kontroli nad narzędziami (C), czyli $A \rightarrow (B \vee C)$; po drugie, że państwo nie kontroluje narzędzi ($\neg C$); i po trzecie, że nie ma też własnej produkcji ($\neg B$) – czy z tego wynika logiczne zaprzeczenie suwerenności ($\neg A$)? Odpowiedź jest nieubłagana i prosta. Skoro oba człony alternatywy (B oraz C) są fałszywe, to cała alternatywa $(B \vee C)$ również jest fałszywa. Implikacja $A \rightarrow (B \vee C)$ nie może być zatem prawdziwa, jeśli jej poprzednik (A) jest prawdziwy, a następnik jest fałszywy. Aby uniknąć logicznej sprzeczności, musimy odrzucić A. Innymi słowy, państwo pozbawione własnej produkcji i kontroli nad narzędziami nie może rościć sobie prawa do suwerenności bez popadania w absurd.

Ten chłodny, formalny dowód wyjaśnia, dlaczego półprzewodniki stały się geopolityczną obsesją XXI wieku. W świecie, gdzie technologia EUV pozostaje monopolem jednej europejskiej firmy, a kluczowe oprogramowanie EDA jest domeną trzech korporacji amerykańskich, większość państw staje przed nieuchronnym wyborem. Są logicznie zmuszone albo do przyznania się do braku suwerenności, albo do podjęcia tytanicznej próby odtworzenia całego ekosystemu na własnym gruncie. Jest to jednak ścieżka obarczona astronomicznymi kosztami i fundamentalnym ryzykiem porażki.

Rewolucja AI: zapotrzebowanie na moc napędza popyt

Wpływ półprzewodników na gospodarkę jest zwodniczo pośredni. Stanowią one bowiem niewidzialną, lecz absolutnie fundamentalną infrastrukturę dla wszystkiego, co dziś nazywamy gospodarką cyfrową: od systemów płatniczych i logistyki, przez streaming wideo, aż po algorytmiczne zarządzanie siecią energetyczną. Jeśli zatem roczna sprzedaż chipów oscyluje wokół 650 miliardów dolarów, to łączną wartość dóbr i usług, których istnienie bez nich byłoby niemożliwe, należy liczyć w dziesiątkach bilionów. To doskonała synekdocha świata w stanie cyfrowej zależności.

W domenie obronności krzem dokonał cichej rewolucji, przesuwając punkt ciężkości z fizycznej masy na gęstość informacji. Potęga militarna, mierzona niegdyś w liczbie czołgów i bomb, dziś musi być wyrażana w teraopsach mocy obliczeniowej i gigabitach przepustowości. Akceleratory AI w centrach dowodzenia analizujące obrazy z dronów i satelitów, systemy przeciwlotnicze z radarami AESA czy pociski manewrujące z układami nawigacji na chipie – wszystko to jest w istocie wysokiej klasy elektroniką użytkową, jedynie utwardzoną do brutalnych standardów pola walki.

Nauka natomiast korzysta z krzemu w jeszcze bardziej fundamentalny sposób. Bez milisekundowego dostępu do olbrzymich macierzy pamięci DRAM i bez wysokoprzepustowych akceleratorów nie byłoby mowy ani o trenowaniu sieci neuronowych na skalę GPT-4, ani o złożonych symulacjach klimatu Ziemi, ani o obliczeniach mechaniki kwantowej dla nowych materiałów. W tym sensie każdy kolejny krok w miniaturyzacji tranzystorów jest zarazem krokiem rozszerzającym pole, na którym ludzkość może w ogóle stawiać sensowne pytania naukowe.

Krzemowa transformacja: ryzyko inwigilacji i wykluczenia

Gdy zbierzemy wszystkie dotychczasowe wątki – od gigantycznego ENIAC-a po mikroskopijną kroplę cyny, od potęgi TSMC po architekturę pamięci DRAM, od strategii Pentagonu po inwestycje norweskiego funduszu majątkowego – możemy sformułować tezę. Tezę, która świadomie wykracza poza chłodny język ekonomii, choć pozostaje głęboko zakorzeniona w jej aparacie pojęciowym. Chipy stały się bowiem czymś na kształt sakramentu nowoczesnej władzy. Są materialnym nośnikiem, w którym niewidzialne struktury rozumu technicznego, kapitału finansowego i przymusu politycznego krystalizują się w postaci konkretnych, policzalnych i wymienialnych obiektów. Jak każdy sakrament, chip jest zarazem zwykłym przedmiotem i nośnikiem realnej, choć

niewidzialnej obecności – w tym wypadku obecności globalnej sieci zależności, której gęstość przekracza intuicyjne możliwości naszej wyobraźni.

Z tej perspektywy slogan, przypisywany różnym komentatorom, że „kto kontroluje chipy, ten kontroluje przyszłość", przestaje być tanią publicystyką. Staje się skrótem myślowym wskazującym na fundamentalny fakt: żyjemy w świecie, w którym coraz więcej decyzji – gospodarczych, politycznych, a nawet prywatnych – podejmują za nas algorytmy analizujące dane. Kontrola nad narzędziami do przetwarzania tych danych oznacza więc kontrolę nad samymi warunkami możliwości racjonalności. Oznacza władzę nad tym, jakie scenariusze przyszłości są w ogóle brane pod uwagę, a jakie z góry odrzucone jako niemożliwe.

Jeśli chcemy uniknąć scenariusza, w którym o przyszłości tej kontroli zadecyduje wyłącznie brutalna logika rywalizacji między blokiem zachodnim a Chinami, potrzebujemy nowej formy refleksji. Refleksji, w której ekonomia, prawo i antropologia połączą siły. Ekonomia jest niezbędna, by precyzyjnie opisać koszty i korzyści różnych konfiguracji łańcuchów dostaw. Prawo – by ustanowić przejrzyste procedury uzasadniania roszczeń do kontroli nad technologią. Antropologia zaś musi nam przypomnieć, że u podstaw każdego systemu technicznego leży świat przeżywany przez ludzi, którzy swoje zaufanie do instytucji opierają nie tylko na efektywności, ale także na elementarnym poczuciu sprawiedliwości.

Nie chodzi tu zatem o naiwny postulat depolityzacji półprzewodników. Wręcz przeciwnie, chodzi o radykalne dopowiedzenie ich polityczności, które wyrwie nas z deterministycznej wizji nieuchronnej, technologicznej wojny wszystkich ze wszystkimi. Jeżeli cokolwiek odróżnia rozumną nowoczesność od barbarzyństwa, to właśnie zdolność do objęcia nawet najbardziej zaawansowanych narzędzi przemocy horyzontem dyskursu. Dyskursu, w którym to przymus lepszego argumentu, a nie przymus silniejszej armii, decyduje o tym, kto ma prawo stanowić reguły gry.

W tym sensie namysł nad TSMC, ASML, pamięcią DRAM i militarną genezą chipa nie jest specjalistyczną ciekawostką dla inżynierów. Jest próbą zrozumienia, w jakiej mierze staliśmy się już mieszkańcami świata, w którym nasza zdolność do wzajemnego zrozumienia została zapośredniczona przez krzemowe artefakty. Artefakty projektowane w Dolinie Krzemowej, produkowane na Tajwanie, naświetlane w holenderskim Veldhoven, a być może używane w systemach broni, o których istnieniu dowiemy się dopiero wtedy, gdy zawiodą.

Jeżeli ktoś, czytając ten tekst, dochodzi do wniosku, że jedyną racjonalną reakcją jest postawa roztropnego ryzyka – czyli jednoczesne uznanie nieuchronności cyfryzacji oraz konieczności aktywnego kształtowania jej instytucjonalnych ram – to znaczy, że nasza podróż spełniła swoją

funkcję. Logiczna zagadka, synekdocha kropli cyny i biografie inżynierów z TSMC i ASML stały się czymś więcej niż opowieścią o technologii. Stały się wezwaniem do przemyślenia, jakie miejsce chcemy zająć w nowej, krzemowej geopolityce, w której bierność jest również wyborem – często najbardziej ryzykownym ze wszystkich.

Rywalizacja USA-Chiny: bifurkacja globalnego rynku chipów

Na szczytach globalnych korporacji, w zaciszu gabinetów i sal konferencyjnych, skrystalizowała się w ostatnich latach nowa mapa strategicznego myślenia. To cichy konsensus, który, choć nosi znamiona stadnego instynktu, trafnie odczytuje fundamentalne przesunięcia tektoniczne w globalnej gospodarce. Jego główne założenia można ująć w pięciu kluczowych tezach.

Po pierwsze, nikt już nie łudzi się powrotem do świata sprzed wojny handlowej między USA a Chinami. Rozdzielenie, określane jako decoupling, czyli proces tworzenia odrębnych stref wpływów, lub jego ostrożniejsza wersja, derisking, polegający na minimalizacji zależności, jest już postrzegane jako proces nieodwracalny. W jego wyniku powstają dwa równoległe, choć niecałkowicie odizolowane, ekosystemy technologiczne: jeden skupiony wokół standardów zachodnich, drugi wokół chińskich. Być może wyłoni się i trzeci, hybrydowy, z centrum w Azji Południowo-Wschodniej.

Po drugie, dojrzewa świadomość, że koncentracja niemal całej produkcji najnowszych procesorów w rękach jednej firmy, TSMC, na geopolitycznie wrażliwym Tajwanie, jest anomalią nie do utrzymania w długim okresie. System musi dążyć do dekoncentracji. Czy to poprzez budowę nowych fabryk TSMC w Stanach Zjednoczonych, Japonii i Europie, czy przez odrodzenie konkurencyjności Samsunga i Intela, globalny łańcuch dostaw będzie zmierzał ku większej dywersyfikacji geograficznej. Nie oznacza to jednak równomiernego rozproszenia, a raczej tworzenie nowych, strategicznych węzłów.

Po trzecie, menedżerowie ostatecznie porzucają iluzję, że chip to tylko kolejny komponent z listy zakupów. Dziś jest to zasób strategiczny, którego bezpieczeństwo analizuje się na poziomie zarządu, uwzględniając ryzyko polityczne, militarne i reputacyjne. W tym sensie chipy stały się nową ropą naftową, krwią napędzającą cyfrową gospodarkę. Ich niedobory nie powodują kolejek na stacjach benzynowych, lecz paraliżują linie montażowe i sprawiają, że obiecane produkty nigdy nie trafiają na rynek. To cichy kryzys, który zatrzymuje innowacje w miejscu.

Po czwarte, inwestorzy i konsultanci są coraz bardziej zgodni: prawdziwą władzę i ponadprzeciętne zyski w nadchodzących dekadach zapewni kontrola nad dwoma kluczowymi aktywami. Chodzi o oprogramowanie do projektowania chipów oraz, co ważniejsze, o maszyny do ich produkcji. Dlatego holenderska firma ASML, monopolistyczny dostawca sprzętu do litografii, jest postrzegana jako podmiot quasi-infrastrukturalny, niczym dawne sieci energetyczne. Z jedną różnicą: bariery wejścia do tego biznesu są niemal absolutne, czyniąc z firmy cieśninę technologiczną nowego porządku światowego, przez którą musi przepłynąć każda ambicja.

Wreszcie, globalny biznes z niechęcią, lecz pragmatyzmem, akceptuje fakt, że rola państwa w sektorze półprzewodników będzie tylko rosła. Gigantyczne programy wsparcia, jak amerykański CHIPS Act czy podobne inicjatywy w Unii Europejskiej, Japonii i Korei Południowej, nie są już postrzegane jako tymczasowa anomalia. Stały się trwałym elementem gry. Panuje bowiem cicha zgoda, że tego sektora nie można pozostawić wyłącznie siłom rynkowym. Koszt jego ewentualnej zapaści byłby bowiem nie do przyjęcia dla fundamentów całej współczesnej gospodarki.

> W świecie, gdzie logika cyfrowa coraz silniej wpływa na nasze życie, chipy stają się nie tylko narzędziem, ale i zwierciadłem, w którym odbija się nasza zbiorowa przyszłość. Czy zdołamy okiełznać tę krzemową potęgę, aby służyła ona sprawiedliwości i postępowi, czy też staniemy się zakładnikami własnej technologicznej kreacji? Pytanie to pozostaje otwarte, zawieszone niczym kropla cyny w komorze maszyny EUV, od której zależy tak wiele.

Inspiracje

[1] **"Chip War"** Chris Miller

2022 | Scribner

Christopher R. Miller jest amerykańskim historykiem specjalizującym się w historii gospodarczej i stosunkach międzynarodowych. Jest profesorem na Uniwersytecie Tufts i starszym pracownikiem naukowym (non-resident) w American Enterprise Institute. Jest autorem książki „Chip War".

Christopher R. Miller is an American historian specializing in economic history and international relations. He is a professor at Tufts University and a nonresident senior fellow at the American Enterprise Institute. He is the author of Chip War.

Tufts University

Literatura uzupełniająca

Książki

Autorzy przywoływani w artykule:



[1] **"We Shall Be Masters: Russian Pivots to East Asia from Peter the Great to Putin"**

Chris Miller

2021 | Harvard University Press | ISBN: 9780674259331



[2] **"Putinomics: Power and Money in Resurgent Russia"**

Chris Miller

2021 | University of North Carolina Press | ISBN: 9781469663913



[3] **"The Struggle to Save the Soviet Economy: Mikhail Gorbachev and the Collapse of the USSR"**

Chris Miller

2016 | UNC Press Books | ISBN: 9781469630182

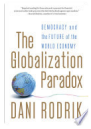
Literatura pokrewna (Google Scholar):



[4] "The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle"

Joseph Schumpeter

2021 | Routledge | ISBN: 9781000385892



[5] "The Globalization Paradox: Democracy and the Future of the World Economy"

Dani Rodrik

2012 | W. W. Norton & Company | ISBN: 9780393341287



[6] "Has Globalization Gone Too Far?"

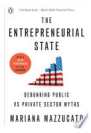
Dani Rodrik

1997 | Peterson Institute | ISBN: 9780881325256

[7] "Capitalism, Socialism and Democracy"

Joseph Schumpeter

2021 | Harper & Brothers | ISBN: 9798513889403



[8] "The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths"

Mariana Mazzucato

2024 | Penguin | ISBN: 9780593656945



[9] "Principles of Social Justice"

David Miller

1999 | Harvard University Press | ISBN: 9780674706286

[10] "Ethics: History, Theory, and Contemporary Issues"

Steven Cahn, Peter Markie

2019 | Oxford University Press, USA | ISBN: 9780190949563



[11] "The ASML Way"

Marc Hijink

2024 | Uitgeverij Balans | ISBN: 9789463823715



[12] "Island Tinkerers: Innovation and Transformation in the Making of Taiwan's Computing Industry"

Honghong Tinn

2025 | MIT Press | ISBN: 9780262380263

[13] **"Focus: The ASML Way—Inside the Power Struggle Over the Most Complex Machine on Earth"**

Marc Hijink

2024

[14] **"The Radiance of the Chip Island: TSMC, Semiconductors, the Chip War, and My 30 Years of Journalism"**

Bardon

2023 | Good Morning Press

Artykuły naukowe

Autorzy przywoływani:

[1] **"Value Capture"**

C. Ten-Herng Lai

2024

[2] **"Idealizations and ideal policing"**

Jake Monaghan

2022 | Philosophers' Imprint

[3] **"Invention of the integrated circuit"**

Jack St Clair Kilby

1976 | IEEE Transactions on Electron Devices

Google Scholar

[4] **"The integrated circuit's early history"**

Jack S. Kilby

2000 | Proceedings of the IEEE

Google Scholar

[5] **"Semiconductor device-and-lead structure"**

Robert Noyce

1961 | U. S. Patent

[6] **"Interview of Morris Chang"**

Morris Chang

2024 | IEEE Annals of the History of Computing

Google Scholar

[7] **"Software in the New Millennium: A Virtual Roundtable"**

Morris Chang, Gilbert Miller

2004 | IEEE IT Professional

[8] **"Premature deindustrialization"**

Dani Rodrik

2016 | Journal of economic growth

[9] **"Rebirth of Industrial Policy and an Agenda for the Twenty-First Century"**

Karl Aiginger, Dani Rodrik

2020 | Journal of Industry, Competition and Trade

[10] **"The Creative Response in Economic History"**

Joseph A. Schumpeter

1947 | The Journal of Economic History

[11] **"Directing Growth: how a mission-oriented industrial strategy can help drive productivity"**

M. Mazzucato

2025 | UCL Institute for Innovation and Public Purpose, Working Paper Series (IIPP WP 2025-06)

Google Scholar

[12] **"Mind the mission, not the gap: Rethinking blended finance for public purpose"**

M. Mazzucato, R. Vieira de Sá

2025 | UCL Institute for Innovation and Public Purpose, Working Paper Series (IIPP WP 2025-09)

Google Scholar

[13] **"The Computer and World Affairs"**

Robert G. Gilpin

1968

Google Scholar

[14] **"ASML and the Geopolitics of Chip Manufacturing: Balancing Strategic and Political Pressures"**

Solon Moreira, Ram Mudambi, Deepak Nayak, Julianne Sellin

2024 | HBR Store

Google Scholar

[15] **"Moral Consciousness and Communicative Action"**

Jürgen Habermas

1992 | Philosophical Review

[16] **"From Kant to Hegel and Back again – The Move Towards Decentralization"**

Jürgen Habermas

2002 | European Journal of Philosophy

[17] **"Semiconductor Geopolitics"**

Chris Miller

2022 | Council on Foreign Relations

Treść tworzy Fundacja Dobre Państwo.
Redaguje i publikuje APA ONE, autorski system redakcyjny Fundacji oparty na AI.
APA ONE Publishing System
Fundacja Dobre Państwo © 2026
Article ID: 90954610-af01-44f1-bb3b-d92be501bbb5