

Obszar strategiczny

Internet i IT

Streszczenie scenariusza

W stronę zintegrowanej infrastruktury cyfrowo-biologicznej

Nadchodzące dwie dekady przyniosą zmiany o charakterze strukturalnym, których głębia porównywalna jest jedynie z rewolucją przemysłową. Nie jest to jednak prosta kontynuacja dotychczasowego postępu technologicznego, lecz jakościowa zmiana paradygmatu, w którym technologia przestaje być narzędziem zewnętrznym wobec człowieka, a staje się jego integralnym środowiskiem i częścią biologiczną. Obserwujemy narodziny cywilizacji, w której kod DNA i kod binarny stają się wzajemnie kompatybilnymi językami programowania rzeczywistości.

I. Architektura transformacji: od Internetu usług do Internetu tożsamości

Integracja dokumentów w ramach powszechnego elektronicznego obiegu, kontrolowanego przez struktury superpaństwowe, stanie się protokołem warstwy zerowej przyszłej infrastruktury cywilizacyjnej. Do 2040 roku cyfrowa tożsamość przestanie być opcjonalnym udogodnieniem, ewoluując w stronę podstawowego, nieodzownego warunku uczestnictwa w jakimkolwiek aspekcie życia społecznego. Obserwujemy fundamentalną transformację roli państwa: z instytucji jedynie potwierdzającej tożsamość obywateli, przekształca się ono w instytucję, która tę tożsamość aktywnie konstytuuje i zarządza nią w czasie rzeczywistym.

Mechanizmy integracji (2025–2030). W pierwszej fazie nastąpi bezprecedensowa konsolidacja rozproszonych systemów identyfikacji w jeden, spójny ekosystem. Dane bankowe, medyczne, edukacyjne i urzędowe zostaną połączone w ramach zunifikowanej architektury. Kluczową rolę odegrają tu technologie rozproszonych rejestrów (blockchain), zapewniające teoretyczną niezmienną danych, oraz implementacja kryptografii postkwantowej, mająca na celu zabezpieczenie infrastruktury tożsamości przed nadchodzącą rewolucją w mocy obliczeniowej.

Biometryczna walidacja ciągła (2030–2035). Kolejna dekada przyniesie kres statycznej weryfikacji tożsamości. Systemy oparte na hasłach czy jednorazowych skanach odejdą do lamusa na rzecz ciągłej walidacji biometrycznej. Algorytmy będą analizować wzorce behawioralne: unikalny sposób chodzenia, mikro-gestykulację, rytm pisania na klawiaturze, a nawet podpisy neurologiczne i mikroekspresje twarzy. Wprowadza to bezprecedensowy reżim

nadzoru, w którym każda, nawet najdrobniejsza aktywność jednostki staje się daną weryfikacyjną. Tradycyjne pojęcie anonimowości w przestrzeni publicznej ulegnie całkowitej eliminacji, zastąpione przez stan permanentnej widoczności.

Żywa tożsamość (2035–2040). Finalnym etapem tego procesu będzie wyłonienie się koncepcji "żywej tożsamości". Tożsamość przestanie być statym atrybutem zapisanym w dokumencie, a stanie się dynamicznym profilem, aktualizowanym w czasie rzeczywistym w zależności od kontekstu i zachowania. Systemy będą nie tylko rejestrować, ale i algorytmicznie przewidywać oraz kształtować zachowania obywateli. Stwarza to ryzyko nowego rodzaju determinizmu cyfrowego, gdzie przeszłe dane mogą nieodwracalnie ograniczać przyszłe możliwości jednostki.

Architektura Internetu 4.0. Nowa sieć rozwiąże odwieczny konflikt między kryptoanarchistyczną wizją decentralizacji a potrzebą państwowej kontroli poprzez model hybrydowy. Tożsamość pozostanie scentralizowana, podczas gdy transakcje będą zdecentralizowane. Powstanie "Internet Podmiotowości", w którym każdy obiekt – od autonomicznego pojazdu po inteligentny kontrakt – posiada weryfikowalną tożsamość cyfrową. Kluczem do tego systemu będą Identity Directory Services (IDS), globalne katalogi umożliwiające weryfikację uprawnień w czasie poniżej 100 milisekund.

Diagnozomaty jako węzły infrastruktury zdrowotnej. Diagnozomaty stanowią pierwszą masową implementację koncepcji "wszechobecnych obliczeń" (ubiquitous computing) w sektorze publicznym. Nie są to jedynie urządzenia medyczne, lecz rozproszone węzły globalnej sieci monitoringu biomedycznego. Ich wdrożenie oznacza zmianę paradygmatu medycyny z reaktywnego leczenia objawowego na proaktywną prewencję opartą na danych.

Paszport zdrowia i transformacja modelu opieki. Centralnym elementem systemu stanie się "Paszport zdrowia", składający się z czterech filarów: genetycznego profilu ryzyka (predykcja chorób wieloczynnikowych), historii medycznej w czasie rzeczywistym (agregującej terabajty danych z całego życia), predykcyjnych modeli rozwoju chorób (aktuarialne modelowanie zdrowia) oraz automatycznych alertów dla systemu opieki. Szacuje się, że 85% diagnoz wstępnych będzie generowanych automatycznie przez diagnozomaty. Rola lekarza ewoluuje w stronę "kuratora zdrowia", co może wywołać kryzys tożsamości zawodowej w środowisku medycznym. Jednocześnie nastąpi demokratyzacja dostępu – zaawansowana diagnostyka stanie się globalnym dobrem publicznym. Jednakże ciągła obserwacja zdrowotna (COZ) niesie ze sobą ryzyko dyskryminacji genetycznej oraz dylematy etyczne, np. czy informować pacjenta o nieuleczalnej chorobie, która wystąpi dopiero za dekadę?

II. Cyberbezpieczeństwo: cyfrowy wyścig zbrojeń

Do 2040 roku cyberbezpieczeństwo zyska status absolutnego priorytetu państwowego, zrównując się, a nawet przewyższając znaczenie konwencjonalnych sił zbrojnych. Prognozuje się, że nakłady na ten cel w państwach rozwiniętych osiągną poziom 4–6% PKB, co stanowi znaczący wzrost w porównaniu do obecnych 2% wydawanych na obronność w ramach NATO. Przewaga w domenie cyfrowej stanie się kluczowa, gdyż cyberataki zyskały potencjał paraliżowania państw bez wystrzelenia jednego fizycznego pocisku, co dobitnie pokazały precedensy takie jak NotPetya (straty rzędu 10 mld USD), WannaCry czy atak na Colonial Pipeline.

Kwantowa rewolucja kryptograficzna (2025–2032). Nadchodząca dekada upłynie pod znakiem wyścigu z czasem. Lata 2027–2028 mogą przynieść osiągnięcie "supremacji kwantowej" w kryptoanalizie. Oznaczałoby to "kryptoapokalipsę" – złamanie powszechnie stosowanych algorytmów RSA-2048 i krzywych eliptycznych dzięki algorytmowi Shora. Służby wywiadowcze już teraz stosują strategię "zbierz teraz, odszyfruj później", gromadząc zaszyfrowany ruch sieciowy. W

odpowiedzi, w latach 2028–2032 nastąpi masowa migracja do kryptografii postkwantowej, opartej na sieciach geometrycznych, funkcjach skrótu i kodach liniowych. Szacowany koszt tej operacji to 2–3 biliony USD globalnie. Istnieje ryzyko powstania "przepaści kwantowej", gdzie kraje rozwijające się i sektor MŚP pozostaną bezbronne wobec nowych zagrożeń.

Autonomiczne systemy obrony i rynek pracy, Przyszłe konflikty w cyberprzestrzeni będą starciami algorytmów: AI vs AI. Ludzka reakcja liczona w minutach jest bezradna wobec ataków przeprowadzanych z prędkością maszynową. Rodzi to ryzyko błyskawicznych wojen (flash wars), eskalujących w ułamkach sekund. Nowym paradygmatem stanie się "cyberodporność" inspirowana biologicznym systemem immunologicznym. Te zmiany wymuszą powstanie 50 milionów nowych miejsc pracy w sektorze cyberbezpieczeństwa w skali globalnej.

III. Konwergencja cyfrowo-biologiczna: Nowa ontologia życia

Mapy genomów jako infrastruktura publiczna. Do 2030 roku koszt pełnego sekwencjonowania genomu ma spaść do poziomu 10 USD, przekształcając to badanie z luksusowej procedury w standardową diagnostykę, tańszą niż podstawowe badania krwi. Mapy genomów staną się kluczową infrastrukturą publiczną. Powstaną bazy danych obejmujące setki milionów rekordów (np. w ramach inicjatyw takich jak UK Biobank czy China Precision Medicine Initiative), co umożliwi identyfikację rzadkich wariantów genetycznych i precyzyjnych asocjacji genotyp-fenotyp.

Biotechnologia cyfrowa i synteza życia. Biologia syntetyczna przekształca się w platformę programowalną. Narzędzia takie jak CRISPR 2.0 pozwalają na edycję kodu życia z dokładnością do pojedynczego nukleotydu. Przechodzimy od ery "odczytywania" biologii do ery jej "pisania". Powstają syntetyczne genomy i żywe fabryki molekularne, zdolne do produkcji leków, nowych materiałów czy paliw. Projektowanie życia wchodzi w fazę inżynierię: od biokomputerów wykorzystujących DNA jako nośnik danych, po organizmy zaprojektowane do specyficznych zadań, jak degradacja plastiku.

Granice ingerencji są stale przesuwane. Inżynieria linii zarodkowej człowieka, tworzenie chimer człowiek-zwierzę do transplantacji organów czy możliwość syntezy wirusów stawiają ludzkość przed pytaniami o naturę człowieczeństwa i bezpieczeństwo gatunkowe. Balansujemy między akceleracjonizmem biologicznym, obiecującym eliminację chorób, a zasadą ostrożności wobec nieodwracalnych zmian w ekosystemie.

IV. Rozszczepienie rzeczywistości: metaversum jako nowa stratyfikacja

Metaversum nie należy postrzegać jako alternatywy dla świata fizycznego, lecz jako jego nieuchronną ekspansję. Dochodzi do nałożenia się warstw rzeczywistości: fizycznej, rozszerzonej i wirtualnej, tworzącego ciągłe kontinuum doświadczenia. Metaversum staje się infrastrukturą, a nie tylko aplikacją. Jednak struktura własnościowa tych przestrzeni rodzi obawy o nastanie ery „cyfrowego feudalizmu”. Władza koncentruje się w rękach korporacyjnych "cyfrowych lordów", którzy kontrolują ekonomie wirtualne, podczas gdy użytkownicy stają się "cyfrowymi dzierżawcami", pozbawionymi realnych praw własności i poddanyymi monopolom uwagi.

Integracja z tożsamością i diagnostomatami

Awatar w Metaversum przestaje być maską, a staje się przedłużeniem jaźni, zsynchronizowanym biometrycznie z ciałem fizycznym. Dane z diagnostomatów mogą w czasie rzeczywistym wpływać na możliwości awatara, gamifikując zdrowie i fitness. Otwiera to również pole dla zaawansowanych terapii wirtualnych – od leczenia PTSD i fobii w kontrolowanych środowiskach VR, po rehabilitację neurologiczną. Jednocześnie pojawia się dylemat: czy mamy prawo do idealnego ciała cyfrowego, czy też awatar powinien być realistyczną reprezentacją naszej fizyczności?

V. Świat hiperpołączony: Fuzja fizyczno-cyfrowa

Living Products – produkty żyjące. Na styku biologii syntetycznej i inżynierii materiałowej wyłania się kategoria "Living Products". Są to obiekty integrujące komponenty biologiczne z cyfrowymi, posiadające biologiczną inteligencję, zdolność do samonaprawy, adaptacji i ewolucji. Przykłady obejmują biokompozytowe materiały budowlane, które same "leczą" pęknięcia, meble z żywych, modyfikowanych roślin, czy odzież reagującą na parametry środowiskowe. Przejście to promuje gospodarkę cyrkularną opartą na metabolizmie biologicznym, ale zmienia też naszą relację z przedmiotami – wymagają one "opieki" zamiast konserwacji. Ryzyko niekontrolowanej proliferacji organizmów syntetycznych pozostaje istotnym wyzwaniem.

Internet Żyjących Rzeczy (IoLT). Internet Rzeczy (IoT) ewoluuje w stronę Internetu Żyjących Rzeczy (IoLT). Elektroniczne sensory zastępowane są biologicznymi, a komunikacja opiera się na procesach biochemicznych. Bakterie stają się węzłami sensorycznymi, a rośliny interfejsami środowiskowymi. Wizja Smart Cities 3.0 zakłada funkcjonowanie miast jako żywych superorganizmów, w których budynki metabolizują odpady, a parki są zintegrowane z miejskimi systemami wentylacji.

Hiperpołączone społeczeństwo. Fuzja sensoryczna osiąga nowy poziom dzięki interfejsom mózg-komputer (BCI), które ewoluują od rozwiązań inwazyjnych do nieinwazyjnych urządzeń konsumenckich. Możliwa staje się bezpośrednia komunikacja mózg-mózg oraz współdzielenie doświadczeń emocjonalnych. Prowadzi to do powstania "umyśłów kolektywnych" i nowej ontologii rzeczywistości, w której granice między tym co biologiczne, cyfrowe i fizyczne ulegają ostatecznemu zatarciu. Jednostka staje się węzłem w hiperpołączonym ekosystemie, co wymusza redefinicję pojęć autonomii i prywatności umysłowej.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Polskie Towarzystwo Cyfrowe
<http://cyfryzacja.org>

Projekt finansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez
Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Nauka dla Społeczeństwa II”.
Dofinansowanie: 1 467 000 zł, Całkowita wartość: 1 467 000 zł