

TRENDY W NAUCE I TECHNOLOGII NA LATA 2025-2045 WEDŁUG NATO STO

W środę 9 kwietnia 2025 roku został opublikowany [raport NATO Science and Technology Organization](#) (dalej: NATO STO), czyli analitycznego organu pomocniczego NATO. Poświęcony jest on trendom technologicznym na kolejne 20 lat. Zostało w nim zidentyfikowanych 6 trendów technologicznych i społeczno-gospodarczych o decydującym w znaczeniu dla funkcjonowania państw członkowskich, a także kształtowania strategicznego środowiska i możliwości NATO.

W raporcie zidentyfikowano następujące trendy:

Schemat 1. Makrotrendy zidentyfikowane w dokumencie.



Źródło: opracowanie własne

Choć trendy dotyczą kolejnych 20 lat, to jak podkreślają autorzy, państwa członkowskie już dziś powinny podejmować działania mające na celu przygotowania się na zmiany, mitygację zagrożeń oraz wykorzystanie szans. Raport pokazuje, że trendy technologiczne będą przenikały się z wieloma innymi obszarami i wpłyną na m.in.: funkcjonowanie rządów, społeczeństwo, system obronny, gospodarkę, a także relacje międzynarodowe. Samo tempo rozwoju technologicznego będzie również coraz szybsze. Dlatego przewidywanie przyszłych trendów staje się tak istotne i wymagające jednocześnie. W dalszej części komentarza znajduje się krótka charakterystyka sześciu ww. trendów.

EWOLUCJA OBSZARÓW RYWALIZACJI

(EVOLVING COMPETITION AREAS)

- W kolejnych latach wzrośnie [liczba obszarów rywalizacji](#), które wymuszą konieczność wdrażania nowych rozwiązań na rzecz bezpieczeństwa. Analiza obecnej sytuacji międzynarodowej wskazuje, że rywalizacja pomiędzy mocarstwami będzie się najprawdopodobniej nasilać.
- Rośnie prawdopodobieństwo, że kolejny konflikt międzynarodowy może zostać wywołany poprzez wrogie działania w sferze **kosmicznej** lub **cybernetycznej**. Obszar cyberbezpieczeństwa już teraz jest **równoległym obszarem do prowadzenia konfliktu** w stosunku do działań tradycyjnych, co pokazała rosyjska agresja na Ukrainę. Obszar kosmosu będzie przedmiotem **napięć w relacjach międzynarodowych** z uwagi na brak wystarczających regulacji i porozumień oraz wzrastające tempo jego militaryzacji (rozmieszczania obiektów o charakterze wojskowym i wywiadowczym).
- Obserwuje się wzmożone wprowadzanie instrumentów presji ekonomicznej w celu zachowania przewagi technologicznej. Dotyczy to szczególnie półprzewodników i metali ziem rzadkich.

ROZWÓJ AI I TECHNOLOGII KWANTOWYCH

(RACE FOR AI AND QUANTUM SUPERIORITY)

- Przewaga technologiczna w obszarze [sztucznej inteligencji](#) będzie decydować o pozycji państwa i jego możliwościach. [AI doprowadzi](#) do przeobrażenia gospodarki, zmian na rynku pracy, a także do zmiany procesów decyzyjnych.
- Choć rozwój [technologii kwantowych](#) ustępuje dynamice rozwoju AI, przypuszcza się, że w kolejnych latach nastąpi tu znaczny postęp.
- Te [dwa obszary technologiczne są już teraz polem rywalizacji pomiędzy mocarstwami](#). USA dominują na polu rozwiązań technologicznych, Chiny natomiast aktywniej działają na polu naukowym (liczba publikacji naukowych) i edukacji (szczególnie w obszarze STEM).

REWOLUCJA BIOTECHNOLOGICZNA

(BIOTECHNOLOGY REVOLUTION)

- **Biotechnologia** wchodzi w fazę dynamicznego rozwoju, która może zrewolucjonizować **medycynę, rolnictwo, energetykę i obronność**.
- Syntetyczna biologia, edycja genów (CRISPR) i bioinżynieria zrewolucjonizują głównie obszar medycyny i rolnictwa. Biotechnologie będą mieć pozytywny wpływ na sektor rolniczy i pomogą w walce ze skutkami zmian klimatycznych.
- Rozwój technologiczny z zakresu biotechnologii doprowadzi do nowych wyzwań z **zakresu etyki** oraz wymusi stawianie pytań o ich **długotrwałe skutki zdrowotne** i wpływ społeczny. Biorąc pod uwagę, że za tempo rozwoju odpowiadają w znacznej mierze firmy prywatne ustalenie wspólnych norm międzynarodowych może być skomplikowane.
- Wraz z rozwijaniem biotechnologii, będzie rosnąć ryzyko zagrożenia wynikającego z zastosowania broni biologicznej.

RYWALIZACJA O ZASOBY

(RESOURCE DIVIDE)

- Postęp technologiczny oraz **zmiany klimatyczne** będą prowadzić do przeobrażeń [w dostępie do surowców](#). Ich niedobory doprowadzą do wzrostu nierówności społecznej i [konfliktów](#) międzynarodowych. Szacuje się, że przy utrzymaniu obecnych trendów, do 2050 roku zapotrzebowanie na surowce trzykrotnie **przekroczy możliwości** ofertowane przez złoża na Ziemi.
- Duże zmiany migracyjne zostaną wymuszone poprzez niedobór lub brak wody pitnej. Według szacunków do 2030 roku, około 700 milionów ludzi może zostać zmuszonych do migracji z braku dostępu do wody pitnej.
- Również dostęp do energii może być katalizatorem przyszłych konfliktów. Utrzymanie strategicznej infrastruktury energetycznej będzie jednym istotnym celem z punktu widzenia odporności państwa.

FRAGMENTARYZACJA ZAUFANIA PUBLICZNEGO

(*FRAGMENTING PUBLIC TRUST*)

- Rozwój AI może prowadzić do [rozpowszechniania fałszywych informacji](#) i **manipulowania społeczeństwem**. Będzie to szczególnie dotyczyć technik i rozwiązań w zakresie generowania twarzy, gestów i mowy zbliżonych do prawdziwych osób. Łatwe generowane i [rozpowszechniania fałszywych treści](#) może doprowadzić do podważenia zaufania do instytucji państwowych, naukowych i społeczeństwa jako takiego. Rodzi to konieczność rozwoju zaawansowanych metod detekcji i oznaczania treści tworzonych przez sztuczną inteligencję.
- Rozwiązania oparte na AI zostaną użyte do mikrotargetowania, polaryzacji dyskursu publicznego i podsycania radykalnych postaw.
- Rosnący wpływ mediów społecznościowych i ilość informacji docierających do użytkowników tworzy konieczność modyfikacji programów nauczania i poszerzania zagadnień związanych z weryfikacją informacji czy myśleniem krytycznym.

INTEGRACJE I ZALEŻNOŚCI TECHNOLOGICZNE

(*TECHNOLOGY INTEGRATION & DEPENDENCIES*)

- **Innowacje w obronności są dziś zapewniane przez przedsiębiorstwa, a nie podmioty rządowe.** Zależność od sektora prywatnego będzie wymagała opracowywania nowych modeli współpracy, które lepiej połączą [innowacyjność z bezpieczeństwem](#). Rozwój sektora zbrojeniowego dale będzie stanowić podstawowy filar wzmacniania suwerenności państw Sojuszu.
- Integracja technologii rozumiana jest jako równoczesne oddziaływanie na różne sektory gospodarki (np. poprzez sztuczną inteligencję czy komunikację satelitarną) oraz przenikanie rozwiązań sektora prywatnego do instytucji publicznych (w tym wojskowości). Z tego względu sukces Sojuszu zależy od zdolności do zarządzania technologicznymi zależnościami i tempa wdrażania innowacji.
- Wzrośnie znaczenie badań wpływu technologii na społeczeństwo. Zjawiska takie jak uzależnienie od smartfonów i przesycenie informacji już dzisiaj postrzegane są jako negatywne. Należy myśleć o możliwym wpływie społecznym technologii, które jeszcze nie są powszechnie wdrożone, np. interfejsy mózg-maszyna, zaawansowane protezy czy implanty neuronowe.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Dokument jest przykładem myślenia o **systemie bezpieczeństwa jako spektrum zagrożeń** o charakterze niemilitarnym. Jest ono wskazane biorąc pod uwagę dużą zmienność i niepewność sytuacji międzynarodowej. Takie podejście wymaga redefinicji podejścia strategicznego i aktualizacji dokumentów strategicznych. Powyższa analiza trendów wskazuje, iż w nadchodzących dwóch dekadach państwa członkowskie NATO będą zmuszone do skonfrontowania się z wielowymiarowymi obszarami rywalizacji obejmującymi min. cyberprzestrzeń, przestrzeń kosmiczną, wpływ technologii na człowieka (włącznie z modyfikacjami ludzkiego ciała) oraz rywalizację o surowce. Warto zaakcentować przy tym konieczność integrowania strategii bezpieczeństwa z polityką społeczną oraz innowacyjną.

Błędem jest założenie, że na podjęcie stosownych działań mamy 20 lat, gdyż już obecnie jesteśmy świadkami presji ze strony mocarstw na państwa i obszary zasobne w surowce. Podobnie widzimy przykłady działań o charakterze hybrydowym, szczególnie na polu presji ekonomicznej lub próbach wpływu na społeczeństwo. Polska musi dokonać dokładnej analizy sytuacji na świecie i trendów światowych. Jej wyniki powinny mieć odzwierciedlenie w aktualizacji Strategii Bezpieczeństwa Narodowego z 2020 roku, ponieważ w ciągu ostatnich 5 lat nastąpiła jej dezaktualizacja na wielu poziomach.

Dla osiągnięcia przewagi strategicznej i rozwoju państwa nie będzie samo **opracowanie innowacji technologicznej**. Kluczem do tego będzie efektywne jej wdrożenie, dostosowanie do potrzeb społeczeństwa i systemu obrony, a także zapobieganie ryzykom. Przykładem szerokiego podejścia do kwestii bezpieczeństwa i technologii jest raport opracowany [Indeks suwerenności Polski](#) opracowany w Łukasiewicz – ITECH. W tej koncepcji wiążącej technologię ze społeczeństwem, gospodarką i interesami państwa, zawarto wiele kontekstów, o jakich należy myśleć chcąc budować niezależność technologiczną.

Autor:

Krzysztof Sokołowski – specjalista ds. badawczych w Łukasiewicz – ITECH.
Analityk z zakresu polityk publicznych w obszarze innowacji i bezpieczeństwa technologicznego.