



Czy GeoAI wystarczy?

Od wykrywania wzorców do rozumienia miasta

Iwona Kaczmarek

Katedra Badań Systemowych

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu



V Akademia Kartografii i Geoinformatyki
„POLSKA KARTOGRAFIA I GEOINFORMATYKA
NA ARENIE MIĘDZYNARODOWEJ”

Wrocław, 21-22 maja 2026r.



Politechnika
Wrocławska



Wydział Geoinżynierii,
Górnictwa i Geologii

„What attracts people most is other people”

William Whyte, 1980

The Social Life of Small Urban Spaces



Street Life Project



Badania MIT, 2025

Co GeoAI dzisiaj potrafi?

Obserwacja



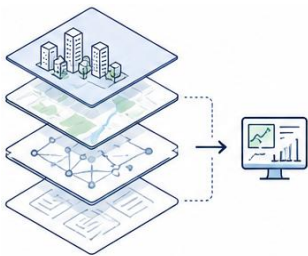
segmentacja obrazów satelitarnych i lotniczych, rozpoznawanie obiektów, detekcja zmian pokrycia terenu

Predykcja

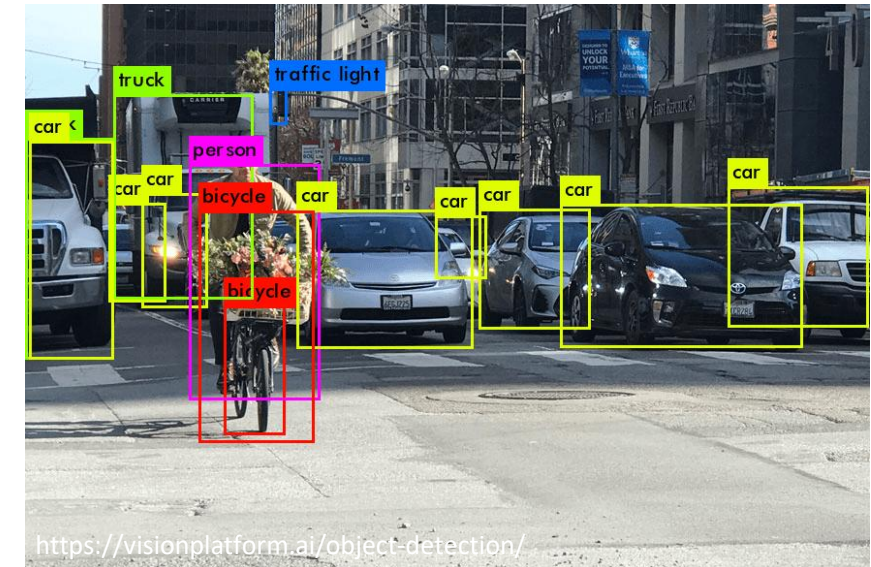


mobilność, zmiany użytkowania terenu, presja inwestycyjna

Integracja



dane EO, dane przestrzenne, street view, dane społecznościowe, czujniki, dokumenty



Uczenie się reprezentacji miasta



- Embeddingi (osadzenia wielowymiarowe) to sposób, w jaki modele AI zamieniają miasto na reprezentacje numeryczne.
- Potrafią wydobywać ukryte struktury przestrzenne i funkcjonalne miasta, ale sama struktura w przestrzeni wektorowej nie jest jeszcze interpretacją urbanistyczną.

Trafna predykcja to dopiero początek

- Modele klasyfikacyjne i predykcyjne działają bardzo dobrze wtedy, gdy cel analizy jest jasno zdefiniowany i dobrze oznaczony w danych treningowych.
- Złożone procesy miejskie takie jak gentryfikacja, rewitalizacja czy presja inwestycyjna trudno sprowadzić do jednej stabilnej klasy w modelu uczenia maszynowego (zależą od kontekstu lokalnego i kulturowego).
- Dodatkowy problem: „Czarne skrzynki” - trudne do audytu, komunikacji i uzasadnienia w procesach planistycznych oraz decyzyjnych.

Geoprzestrzenna XAI

- XAI odpowiada na pytanie: dlaczego model podjął daną decyzję?
- W GeoAI wyjaśnienie musi uwzględniać: gdzie zjawisko występuje, z czym jest powiązane, w jakiej skali jest analizowane, jak zmienia się w czasie, co oznacza w kontekście przestrzennym i społecznym.
- Ta sama cecha może oznaczać coś zupełnie innego w różnych częściach miasta. Wyjaśnienie modelu musi być przestrzennie zależne.
- Czy rozwiązaniem jest więcej danych? Być może potrzebujemy reguł, ontologii i wiedzy dziedzinowej, które ograniczają konieczność ciągłego trenowania modeli od zera.

Model ML

wykrywa zależność

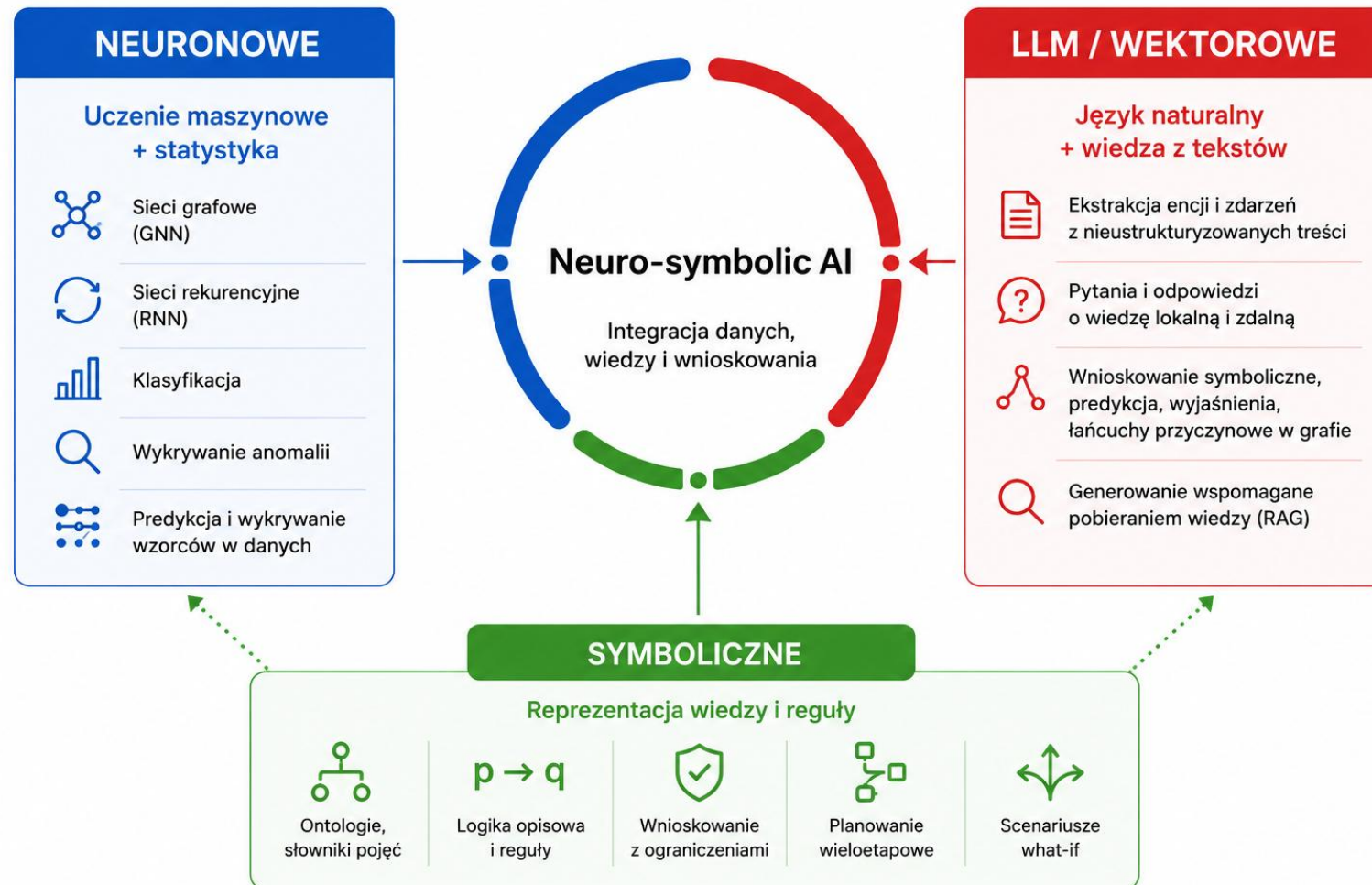
Geospatial XAI

pokazuje, że zależność zmienia się w przestrzeni

Urbanista

wyjaśnia, dlaczego ta zależność ma różne znaczenie w różnych częściach miasta

Neuro-symboliczna AI (NeSy AI)



Wyjaśnialność
Zaufanie

Podjęcia NeSy AI

Wiedza jest wejściem dla modelu

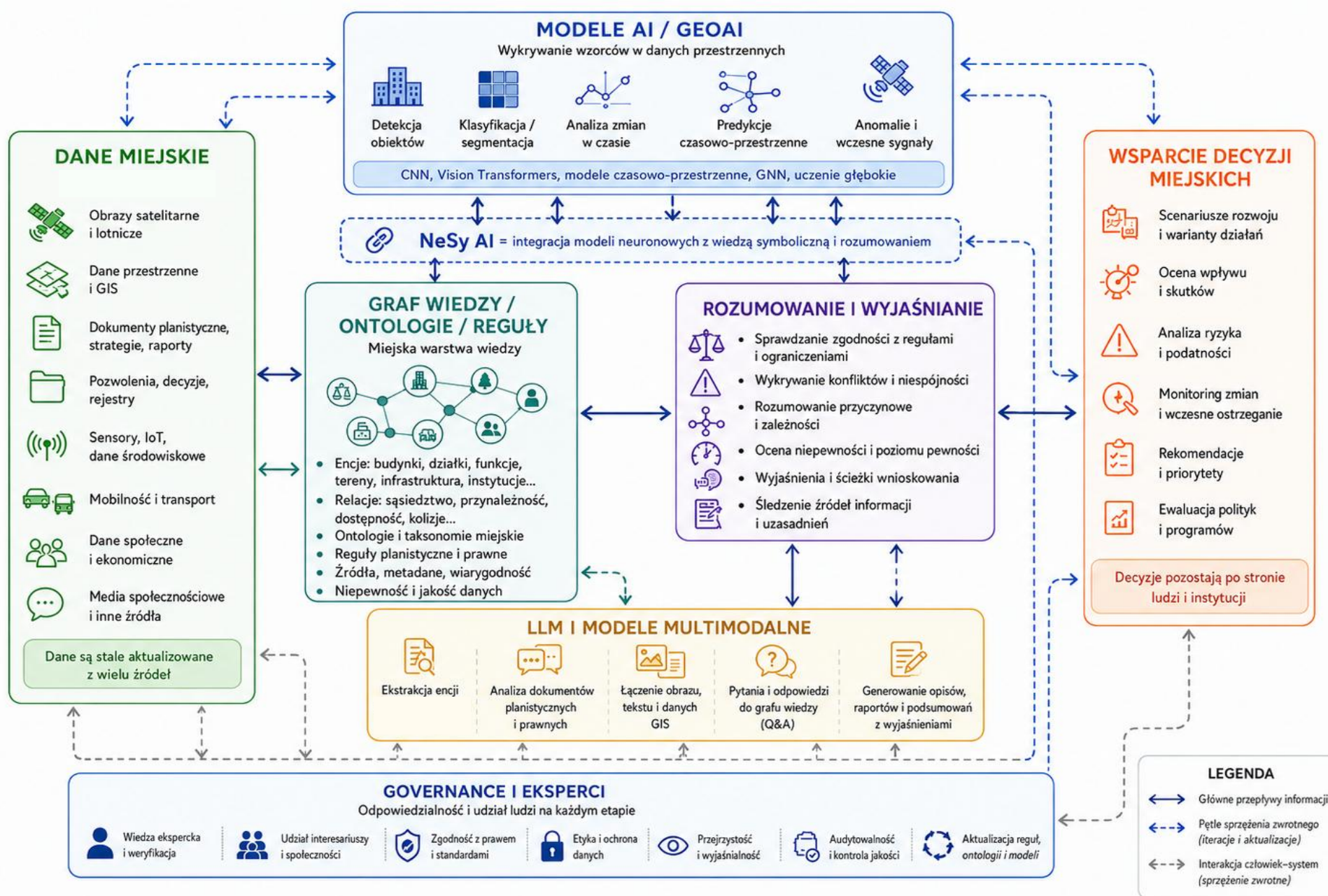
- transformacja struktur symbolicznych (grafów wiedzy, ontologii, reguł logicznych) do reprezentacji numerycznych (osadzeń), które mogą być bezpośrednio przetwarzane przez sieci neuronowe

Wiedza kontroluje model

- integracja wiedzy symbolicznej (reguł, ograniczeń, ontologii lub relacji) z procesem uczenia modelu neuronowego. Reguły mogą działać jako ograniczenia, dodatkowe funkcje straty, warunki spójności lub źródło nadzoru

Architektury hybrydowe z modułami symbolicznymi

- modele neuronowe przetwarzają surowe dane, takie jak obrazy, teksty itp., a moduły symboliczne wykonują wnioskowanie na pojęciach, relacjach i regułach



System działa iteracyjnie: nowe dane aktualizują modele i wiedzę, wyjaśnienia i decyzje wpływają na reguły, ontologie i przyszłe analizy.

źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem narzędzia generatywnego AI.

Ograniczenia NeSy AI

- Wprowadzenie podejść neuro-symbolicznych nie oznacza automatycznego „rozumienia miasta” przez AI.
- Neuro-symboliczne AI pozwala jednak lepiej łączyć: dane, relacje, ograniczenia, wiedzę dziedzinową oraz bardziej kontrolowane wnioskowanie. Dzięki temu możliwe staje się nie tylko wykrywanie wzorców, ale także ich bardziej spójna interpretacja w kontekście urbanistycznym i planistycznym.
- Jednocześnie ontologie, reguły i grafy wiedzy nie są neutralne, odzwierciedlają określone definicje, priorytety i modele miasta.
- Nawet najlepsze neuro-symboliczne AI wymaga iteracyjnej walidacji ludzkiej.

Podsumowanie

- GeoAI pozwala analizować zjawiska i procesy w mieście w niespotykanej skali.
- Podejmowanie decyzji wymaga przejścia od danych przez wzorce i ustrukturyzowaną wiedzę ku kontekstowej interpretacji i normatywnemu osądowi.
- Warstwą interpretacyjną może być połączenie GeoXAI, wiedzy urbanistycznej zapisanej w grafach wiedzy, neuro-symbolic AI, LLMs i udziału ludzi.
- Siłą neuro-symbolicznej AI nie jest wyłącznie samo wnioskowanie i wyjaśnialność, ale możliwość integrowania heterogenicznych danych miejskich, wiedzy domenowej, relacji przestrzennych oraz wyników modeli ML i LLM we wspólnej strukturze semantycznej.
- Rozwój GeoAI to nie tylko rozwój algorytmów, ale tworzenie architektur systemów, które integrują percepcję maszynową, modelowanie semantyczne i partycypację społeczną w jednym przepływie pracy.

Dziękuję za uwagę



V Akademia Kartografii i Geoinformatyki
„POLSKA KARTOGRAFIA I GEOINFORMATYKA
NA ARENIE MIĘDZYNARODOWEJ”

Wrocław, 21-22 maja 2026r.



Politechnika
Wrocławska



Wydział Geoinżynierii,
Górnictwa i Geologii

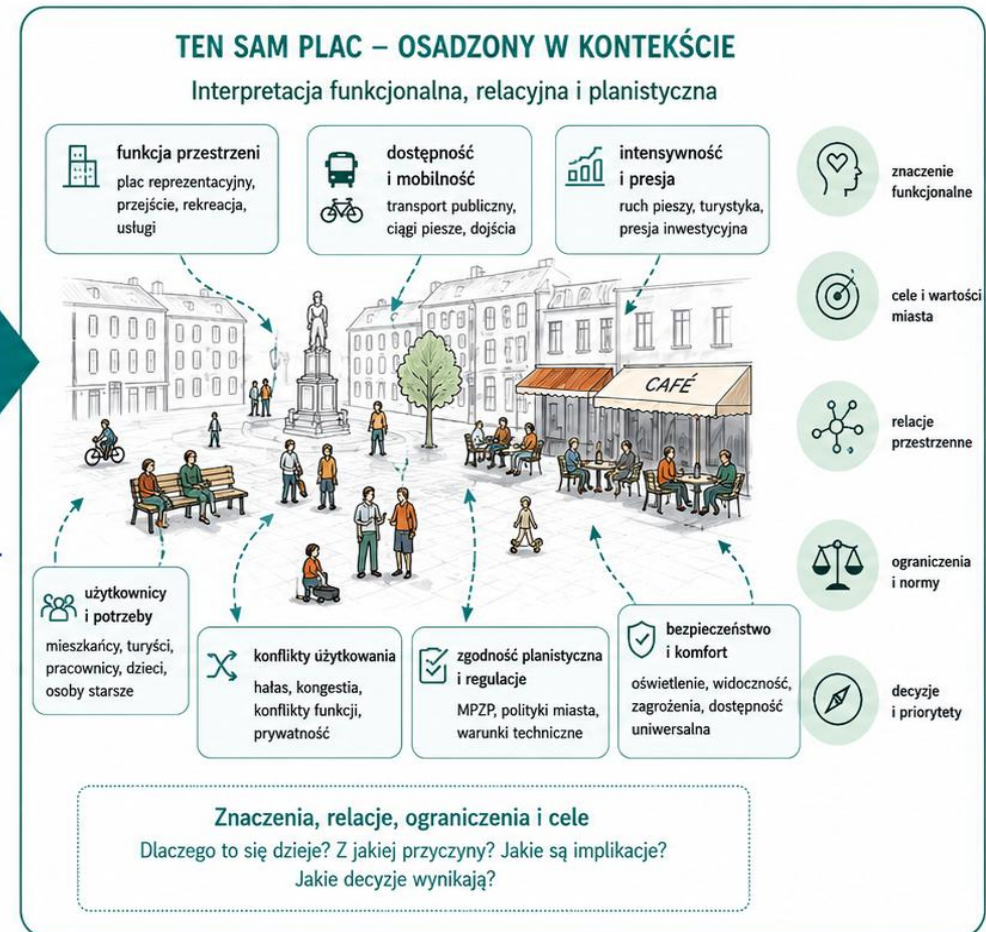
Obserwacja vs. znaczenie

Thin description



od wzorca
do znaczenia

Thick description



Widzimy więcej, czy rozumiemy lepiej?

- wzorce
- trendy
- anomalie
- podobieństwo
- zmiany

GeoAI widzi	Urbanista interpretuje
zagęszczenie ruchu pieszego	dlaczego ludzie wybierają tę trasę? czy przestrzeń sprzyja życiu społecznemu czy tylko ruchowi tranzytowemu?
podobieństwo morfologiczne obszarów	czy pełnią tę samą funkcję urbanistyczną?
zmiany w użytkowaniu terenu	czy są zgodne z polityką przestrzenną i intencją planu?
wzrost intensywności zabudowy	czy to dogęszczanie miasta czy początek presji gentryfikacyjnej?

- znaczenie
- mechanizm
- polityka
- wartości
- kontekst lokalny

