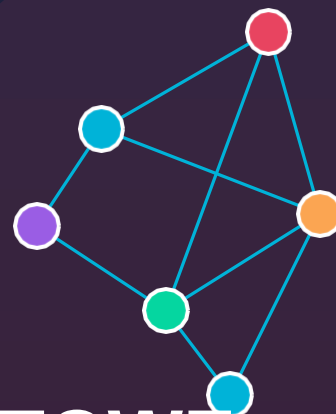




SYMULACJE AGENTOWE

Agent-Based Models (ABM)

Jak komputery naśladowują złożoność świata?

Notatka popularnonaukowa | Architektura Urbanistyka | Nauki Społeczne

CZYM SĄ SYMULACJE AGENTOWE?

Wyobraź sobie mrówki w mrowisku. Każda mrówka zna tylko proste zasady: *podążaj za feromonem, zbieraj jedzenie, wróć do domu*. Żadna mrówka nie planuje całego mrowiska - a jednak ono powstaje, funkcjonuje i adaptuje się. Właśnie to zjawisko - **złożoność wyłaniająca się z prostych reguł** - jest sercem symulacji agentowych (ABM).

Stanford Encyclopedia of Philosophy

ABM symuluje zachowania indywidualnych agentów, by badać zjawiska emergentne na poziomie społeczności.

Digital Humanities Quarterly

W odróżnieniu od modeli równowagowych, ABM tworzy symulowane środowisko i mierzy lokalne interakcje.

ABM (ang. *Agent-Based Models*) to modele komputerowe, w których programujemy zachowania indywidualnych **agentów** - i obserwujemy, co **wyłania się** na poziomie całej populacji. Kluczowe słowo to **emergencja**: własności systemu, których nie da się przewidzieć, patrząc na poszczególne składniki osobno.



Schemat: Trzy filary modelu agentowego

KROTKA HISTORIA ABM

Zanim pojawiły się komputery, naukowcy dostrzegali już złożone zachowania w układach **nieliniowych** - takich, gdzie **całość nie jest sumą części**. Przełom nastąpił wraz z pojawieniem się maszyn liczących.

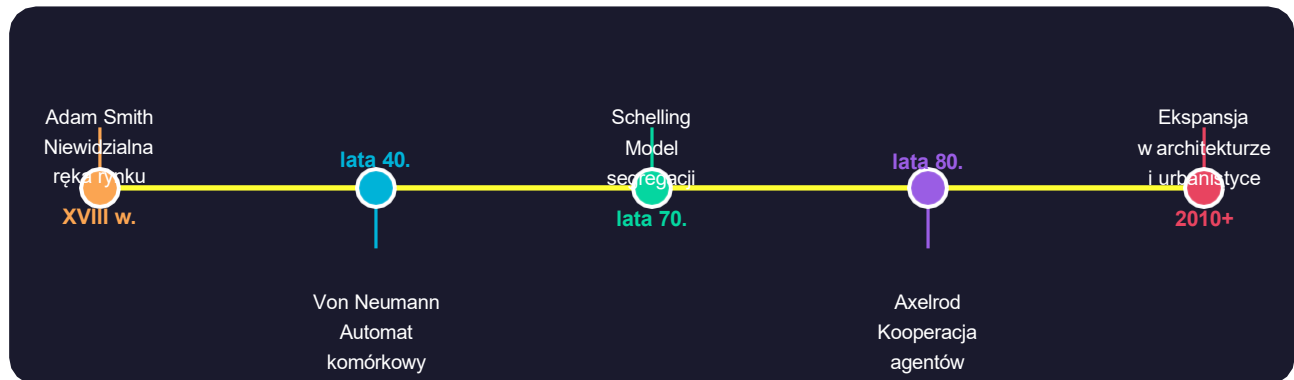
Niewidzialna Reka Rynku

Adam Smith (XVIII w.) opisał, jak dążenie jednostek do własnych korzyści prowadzi do wzrostu dobrobytu całego społeczeństwa. Klasyczny przykład emergencji!

Automat Komorkowy

Von Neumann i Stanisław Ulam (polski matematyk!) stworzyli pierwsze formalne narzędzie do badania złożonych układów - fundament ABM.

Pierwsze modele agentowe w naukach społecznych powstały w latach 70. i 80. XX wieku. **Thomas Schelling** udowodnił, że nawet niewielka preferencja "*nie chcę być jedynym przedstawicielem swojej grupy w sąsiedztwie*" prowadzi do pełnej segregacji. **Robert Axelrod** zbadał, kiedy ewolucja faworyzuje współpracę zamiast rywalizacji.



Os czasu: kluczowe momenty w historii ABM

ABM W ARCHITEKTURZE I URBANISTYCE

Przegląd literatury opublikowany w *Buildings* (MDPI, 2024) - obejmujący **cztery dekady badań** w branży AEC (Architecture, Engineering, Construction) - wskazuje na stały wzrost zainteresowania ABM od 1989 roku, z wyraźnym przyspieszeniem po 2010 roku. Wyróżniamy cztery główne obszary zastosowań:

EWAKUACJA I RUCH PIESZY

- Testowanie planów ewakuacji
- Optymalizacja wyjść awaryjnych
- Analiza zachowań w sytuacjach kryzysowych (Grenfell Tower)

PROJEKTOWANIE GENERATYWNE

- Samo-projektujące się struktury
- Systemy wielorobotowe (ETH Zurich)
- Automatyczne układy przestrzenne
- Inspirowane tańcem maypole

ZUŻYCIE ENERGII I ZACHOWANIA

- Modelowanie heterogenicznych użytkowników budynku
- Symulacje co-jeśli (load shed.)
- Integracja z EnergyPlus + NetLogo

URBANISTYKA I WZROST MIAST

- Morfogeneza miejska
- Segregacja mieszkaniowa
- Wpływ inwestycji infrastruktury
- Model Tel Awiwu (Benenson 2002)

Cztery główne obszary zastosowań ABM w architekturze i planowaniu przestrzennym

STUDIA PRZYPADKOW

Pozar Grenfell Tower (Londyn, 2017 -> analiza 2022)

Naukowcy zastosowali ABM do analizy ewakuacji wieżowca.

Model uwzględniał mechanizmy samo ratowania i decyzje w stresie.

Odkrycie: najtrudniejsza zmienna to INDYWIDUALNY CZAS REAKCJI, nie rozkład klatek schodowych.

Robotyczna budowa - ETH Zurich 2022

Każdy agent = mobilny robot budujący plecionkową strukturę.

Ruch robotów wzorowany na tańcu maypole dance. Proste lokalne zasady --> złożona geometria przestrzenna.

Nowy paradygmat: budowanie przez choreografie agentów.

Zarządzanie energią - Filadelfia USA (Putra et al., 2017)

ABM w EnergyPlus + NetLogo: agenci o zróżnicowanych preferencjach termicznych podejmują decyzje adaptacyjne (zmiana ubrania, wentylatory) i napotykać ograniczenia organizacyjne (dress code, admin budynku).
Narzędzie decyzji co-jeśli dla zarządców budynków.

Segregacja mieszkaniowa - Tel Awiw (Benenson et al., 2002)

Empiryczny model ABM dla prawdziwego miasta.

Preferencje dotyczące typów budynków i dzielnic prowadzi do wyraźnych wzorów rezydencjalnych.

Podstawa do projektowania polityk miejskich.

SŁOWNIK KLUCZOWYCH POJEC

Emergencja	Zjawisko, gdy całość systemu wykazuje właściwości nieobecne w jego składnikach. Przykład: świadomość z neuronów.
Agent	Autonomiczna jednostka w symulacji (człowiek, robot, firma) posiadająca własne reguły zachowania.

Nieliniowość	Cecha układów, w których mała zmiana wejścia może wywołać nieproporcjonalnie dużą zmianę wyjścia.
Morfogeneza miejska	Pochodzenie, powstawanie i ewolucja form krajobrazu miejskiego; badana przez ABM od modelu Schellinga.
Load shedding	Ograniczanie obciążenia sieci energetycznej; ABM pomaga określić, jak reagują użytkownicy budynku.

Źródła: Stanford Encyclopedia of Philosophy (plato.stanford.edu) DHQ: Digital Humanities Quarterly MDPI Buildings 2024 Schelling (1971) Journal of Mathematical Sociology Axelrod (1997) The Complexity of Cooperation Putra, Andrews, Senick (2017) Benenson et al. (2002)