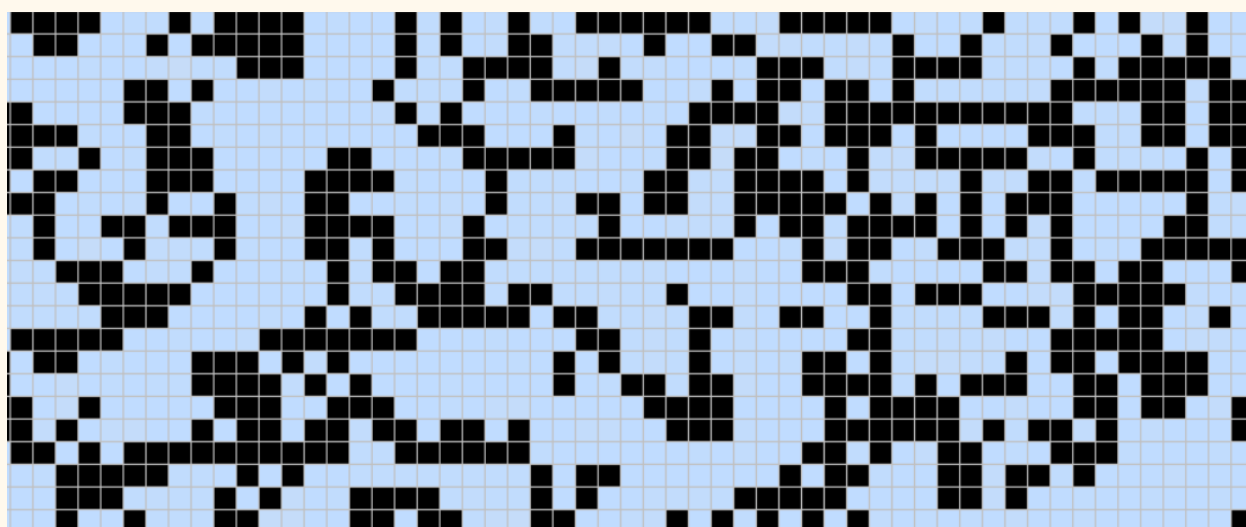


# SYMULACJA ŻYCIA NA PLANSZY?

## O AUTOMATACH KOMÓRKOWYCH

---



Ostrzegam, poniższy tekst prawdopodobnie nie zmieni twojego życia. Nie porusza palących społecznie kwestii, omawiane zagadnienie nie jest buzzwordem i towarzyszy nam od końca II wojny światowej. System, o którym przeczytasz, wygląda jak prosta gra dla dzieci. Mimo prostoty, metoda ta fascynowała twórców bomby wodorowej, złożyła fundamenty pod badaniami nad sztucznym życiem, jej element został logiem hakerów, a niektórzy z naukowców dopatrują się w niej ścieżki do zrozumienia zagadki powstania życia, a nawet próbują wyjaśnić fundamentalne zagadnienia fizyczne. Zaciekawiłem? Mowa o automatach komórkowych z wyszczególnieniem „Gry w życie” Conwaya.

## Kontekst historyczny

Lata 40. XX wieku, Los Alamos, miejsce opracowania pierwszej bomby atomowej. Do projektu zgromadzono w jednym miejscu setki wybitnych specjalistów. Na scenę wchodzi Polak i Węgier. Pierwszy to wybitny Stanisław Ulam. Drugi to jeden z ojców informatyki: John von Neumann. Obaj są matematykami, obaj jeszcze kilka lat przed wojną mieszkali w Europie. Teraz współpracują przy rozwiązaniach przeznaczonych dla tajnych projektów wojskowych, w tym budowie bomby termojądrowej. Szybko się zaprzyjaźniają. Ich szerokie zainteresowania i dostęp do pierwszych komputerów skutkują rozwojem technik obliczeniowych, takich jak do dziś powszechnie stosowana metoda Monte Carlo [1]. A jedną z ciekawszych symulacji, jaka została przez nich wymyślona, to tytułowe automaty komórkowe.

Jak głosi legenda, przez kolejne lata w największych ośrodkach badawczych i uniwersytetach, w nielicznych chwilach przestoju komputerów, naukowcy hobbystycznie symulowali proste automaty jak gra w życie. Więc co było w niej takiego niezwykłego, że zyskała popularność?

## Zasady gry

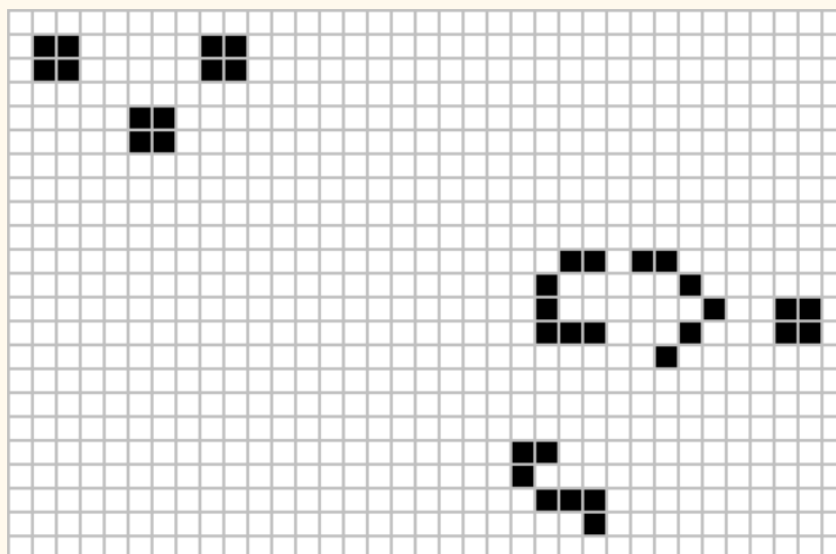
Automaty komórkowe to zagadnienie z pogranicza matematyki i gier planszowych. Najprościej można je zdefiniować jako grę dla 0 graczy. Jest plansza, pionki i tury, a człowiek odpowiada za ustalenie reguł i początkowe rozstawienie pionków. Jest wiele modyfikacji i w wymyślaniu reguł ogranicza nas jedynie wyobraźnia, ale by zrozumieć koncept, skoncentruję się na podstawach. Każdy automat składa się z siatki (planszy), na której przebiega ewolucja (tury). Siatka składa się z jednakowych komórek, które przechowują swój stan. Komórkę można jednoznacznie określić poprzez jej położenie, a o stanie zazwyczaj decyduje otoczenie komórki. Proces trwa krokowo, czyli stan komórki w następnym kroku jest zależny od aktualnego stanu komórek sąsiadujących. Tyle koniecznej podstawy. Jak zapewne widzisz, przy takich zasadach czynników wpływających na symulację jest sporo. Od wymiarów siatki (1D, 2D, 3D, nD), warunków sąsiedztwa, poprzez modyfikację liczby stanów, asynchroniczność itd. W tekście skupię się tylko na siatce 2D.

## Gra w życie

Gra w życie to szczególny przypadek automatu komórkowego. Gra toczy się na płaszczyźnie, na której komórki mogą być żywe (czarne pole/pionki) lub martwe (białe pole). Zgodnie z przyjętymi regułami (B3/S23) komórki synchronicznie zmieniają swój stan:

- martwa komórka, która ma dokładnie 3 żywych sąsiadów, staje się żywa w następnej jednostce czasu,
- żywa komórka z 2 albo 3 żywymi sąsiadami pozostaje nadal żywa; przy innej liczbie sąsiadów umiera.

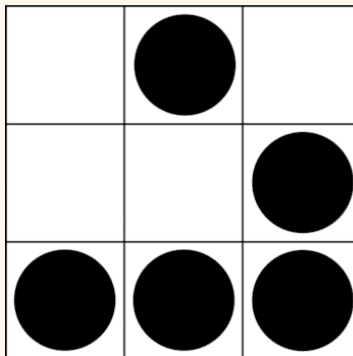
W ten sposób komórki rodzą się, gdy jest odpowiednio dużo sąsiadów, a giną z samotności lub przeludnienia.



Siatka do automatu komórkowego [7]

Dla zobrazowania polecam zobaczyć i przetestować: <https://conwaylife.com/>

Jedną z ciekawszych obserwacji symulacji jest występowanie oscylatorów. Takie struktury okresowo przyjmują ten sam kształt. Przykładem jest szybowiec, nazwany tak ze względu na sposób, w jaki porusza się po siatce. Co ciekawe, uznawany jest za nieformalny symbol społeczności hakerskiej.



Szybowiec zaproponowany przez Eric S. Raymonda jako emblemat hakerskiej subkultury [4]

### Co w tym fascynującego?

No dobrze, ale co jest w tym takiego niezwykłego? Kilka prostych reguł, które można przeprowadzić na kartce papieru, zamazując i gumując kratki w zeszyte. Zgadza się. Jednak siłę i niezwykłość można zauważyć dopiero po wykonaniu wielu kroków. Takie banalne reguły skutkują tworzeniem nietrywialnych struktur. Niektórych wersji automatów, mimo że są deterministyczne, nie można w żaden sposób z góry przewidzieć i określić, jak będą wyglądać. Jedyny sposób to krok po kroku przeprowadzić całą symulację. Wzory na ekranie niekiedy wydają się żyć własnym życiem, tworząc co chwila nowe kształty. Co więcej, możemy zrealizować automaty stosujące operacje logiczne [2]. Zatem stworzyć komputer w komputerze!

### Zastosowanie automatów w nauce

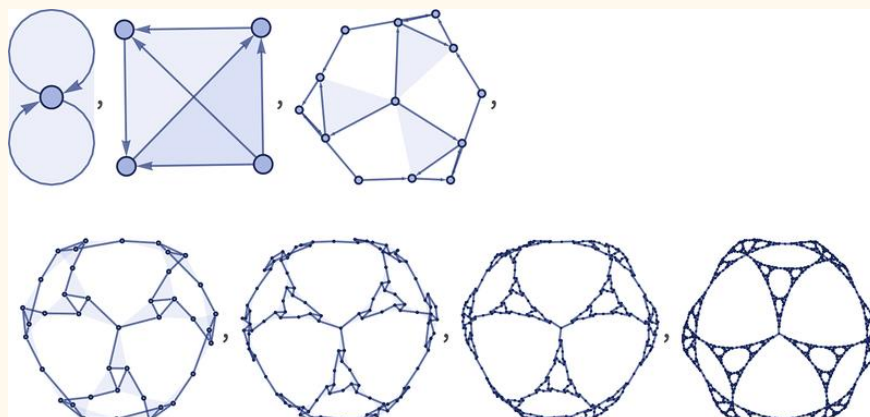
Czytając ten akapit, niestety możesz poczuć się zawiedziony. Mimo sporego zainteresowania, zastosowanie jest raczej niewielkie. Z powodzeniem automaty są używane do symulacji procesów biologicznych, chemicznych i fizycznych. Zaobserwowano, że niektóre wzory na skorupach ślimaków mają wzory analogiczne do powstających form w automatach.



Ślimak z wzorem automatu komórkowego [6]

Żywe komórki roślin służące do wymiany gazowej regulują pobór i utratę gazów za pomocą mechanizmu automatu komórkowego. Natomiast w informatyce próbowano stosować to w kryptografii. Jest to również kluczowym zagadnieniem w raczkującej dziedzinie badań nad sztucznym życiem, np. jako wirtualne układy ewolucyjne.

Jest jednak pewien naukowiec – Stephen Wolfram (studentom znany jako twórca programu Mathematica i serwisowi Wolfram Alpha, dzięki którym obliczanie całek przestaje być problemem), od lat wierzący w istotność automatów komórkowych. Nimi próbuje wyjaśnić podstawowe zasady fizyczne. Jak zauważa, proste reguły gry prowadzą do zaskakującego bogactwa form. Próbuje tworzyć grafy przedstawiające zależności pomiędzy zasadami i stałymi fizycznymi. Mimo usilnych starań jego podejście jest niszowe, wręcz marginalne w fizyce. Dla chętnych odsyłam na jego stronę po więcej informacji: <https://writings.stephenwolfram.com/2020/04/finally-we-may-have-a-path-to-the-fundamental-theory-of-physics-and-its-beautiful/>



Jedna ze struktur stworzona na zasadzie automatu komórkowego [5]

## Podsumowanie

Być może automaty komórkowe nie rozwiązują problemów codziennego życia i zapoznanie się z nimi nie jest konieczne, jednak uważam że warto. Nie bez powodu od samego początku informatyki ten sposób symulacji przyciągał uwagę badaczy. Obserwacja ewolucji ma w sobie coś hipnotyzującego i estetycznego. Co ważniejsze, pozwala inaczej spojrzeć na proces replikacji form i przetwarzania informacji. Zachęcam do eksperymentowania samemu, tworzenia własnych reguł i obserwacji ciekawych struktur. A jeśli nie masz chęci, mam nadzieję, że przez chwilę Cię zaciekałem i teraz możesz się pochwalić ciekawostką w towarzystwie.

## BIBLIOGRAFIA:

[1] Przygody matematyka. Autobiografia, Stanisław Ulam

[2] Demon w maszynie. Jak ukryte sieci informacji wyjaśniają tajemnicę życia, Paul Davies

[3] HIESINGER, PETER ROBIN. The Self-Assembling Brain: How Neural Networks Grow Smarter. Princeton University Press, 2021. JSTOR, <https://doi.org/10.2307/j.ctv191kwz2>. Accessed 30 Nov. 2022.

[4] <https://danielmiessler.com/blog/the-hacker-glider/>

[5] <https://www.wolframphysics.org/visual-gallery/downloads?i=0055-AnnouncementBlog>

[6] [https://www.wikiwand.com/en/Cellular\\_automaton](https://www.wikiwand.com/en/Cellular_automaton)

[7] [https://www.wikiwand.com/en/Conway%27s Game of Life](https://www.wikiwand.com/en/Conway%27s_Game_of_Life)