MODELOWANIE RZECZYWISTOŚCI

Daniel Wójcik

Instytut Biologii Doświadczalnej PAN
Szkoła Wyższa Psychologii Społecznej

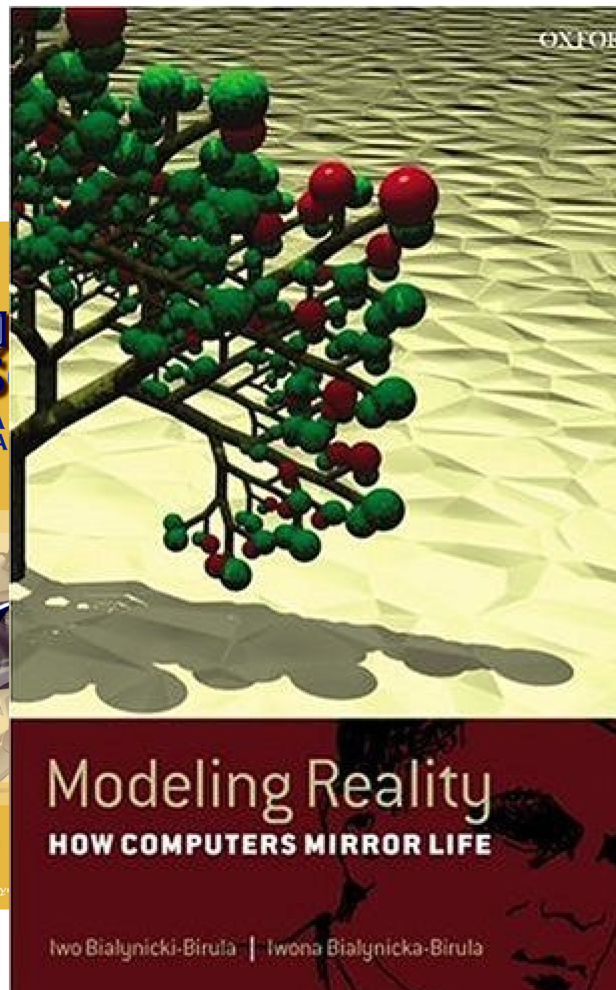
d.wojcik@nencki.gov.pl
dwojcik@swps.edu.pl

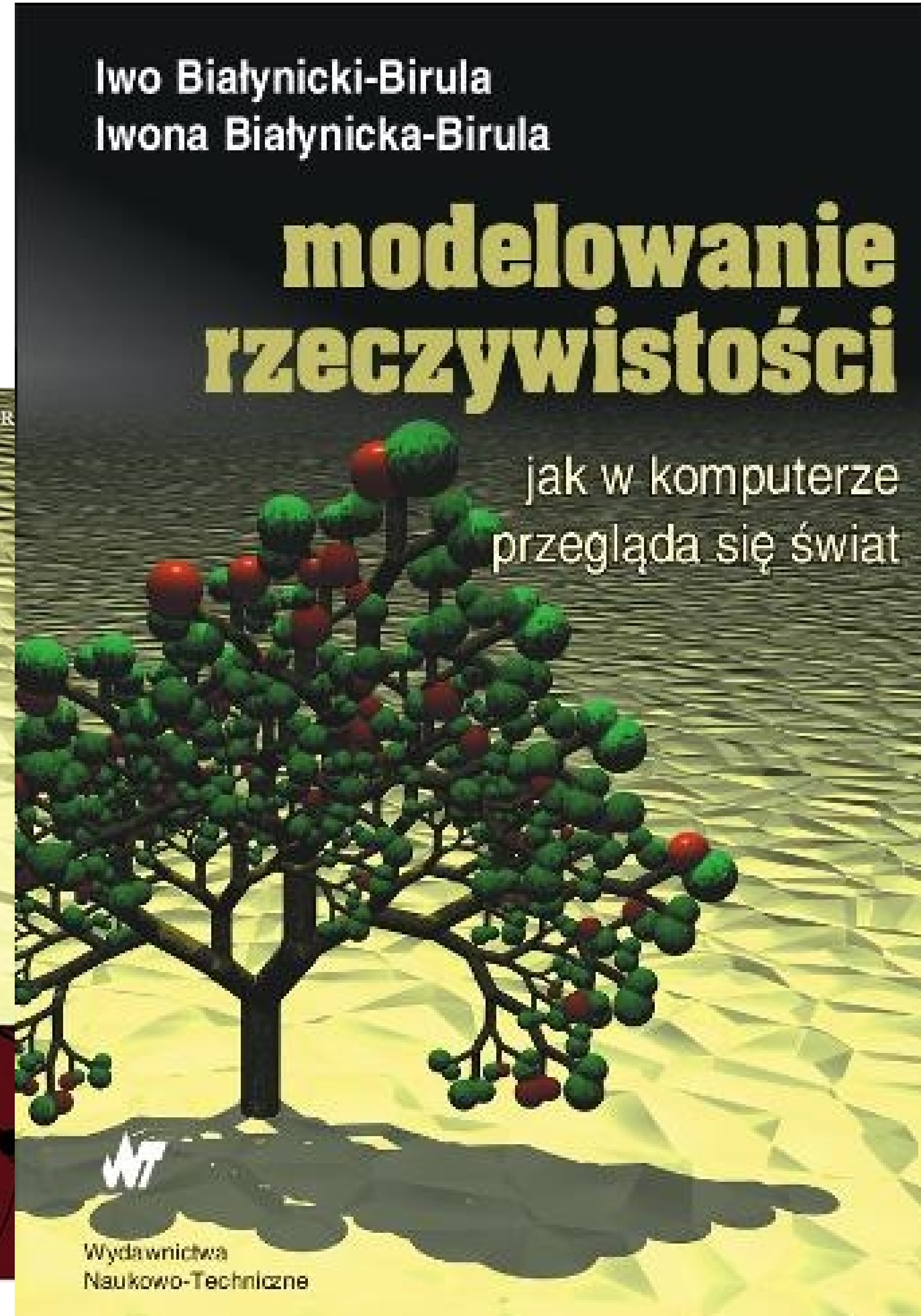
tel. 022 5892 424

http://www.neuroinf.pl/Members/danek/swps/

Podręcznik

Iwo Białynicki-Birula
Iwona Białynicka-Birula



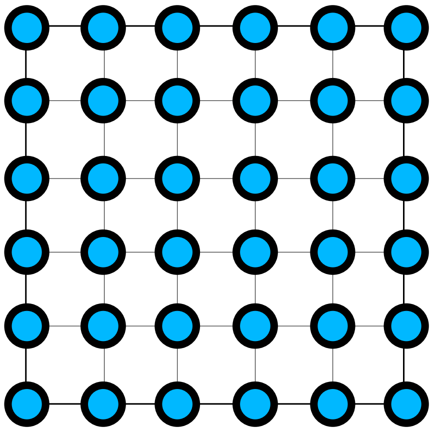


Automaty komórkowe

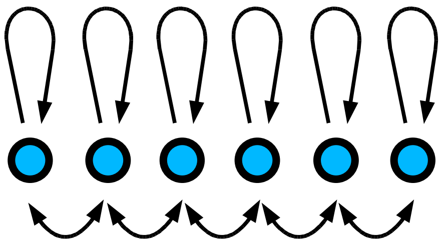
- identyczne elementy
- ułożone na regularnej sieci
- zmieniają stan synchronicznie
- zgodnie z identyczną regułą

Geometria jedno- i dwuwymiarowych automatów komórkowych

Geometria dwuwymiarowego
automatu komórkowego
w którym każda komórka
ma 4 sąsiadów



Geometria jednowymiarowego
automatu komórkowego
w którym każda komórka
ma 2 sąsiadów



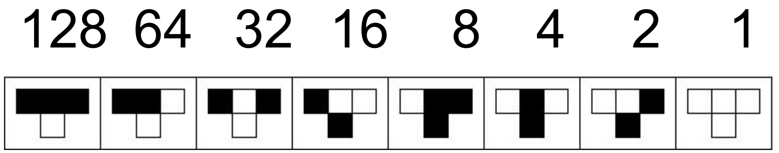
warunki brzegowe!

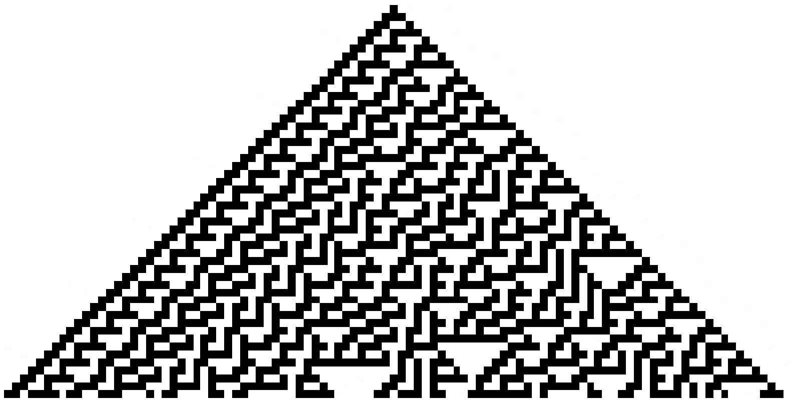
Jednowymiarowe automaty komórkowe

Jak zdefiniować automat komórkowy?

Dla każdego stanu komórki *n* i jej sąsiadów *n+1* i *n-1* w chwili *t* trzeba określić stan komórki *n* w chwili *t+1*

reguła 30





Jak to działa?

- rozważmy układ 10 komórek
- zacznijmy od stanu 0100000000
- reguła przejścia: stan komórki w chwili *t+1* równy jest sumie stanów komórki i jej sąsiada z lewej z chwili *t*
- wówczas ewolucja wygląda tak:

  - 0100000000
  - 0110000000
  - 0121000000
  - 0133100000
  - 0146410000
  - ...

wartości występujące w n-tym kroku tej ewolucji dane są przez współczynniki występujące w rozwinięciu dwumianu $(a+b)^n$

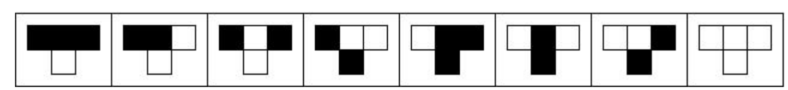
Kodowanie reguły

Każdemu układowi stanów komórki *n* i jej sąsiadów *n+1* i *n-1* w chwili *t* przypisujemy liczbę jak na rysunku obok

Kodem reguły jest suma liczb kodujących te trójki stanów, po których w chwili *t+1* stan komórki *n* ma być 1

reguła 30

128	64	32	16	8	4	2	1

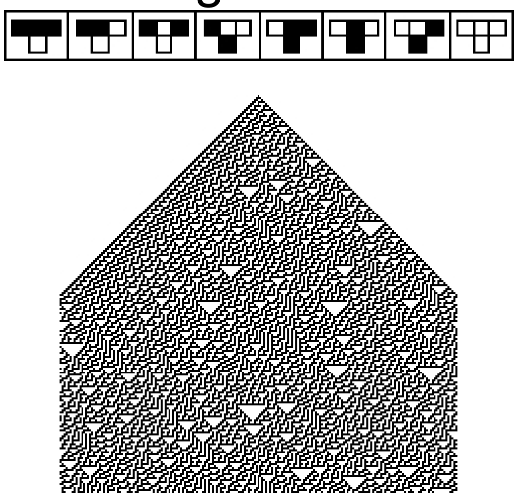


0	0	0	1	1	1	1	0

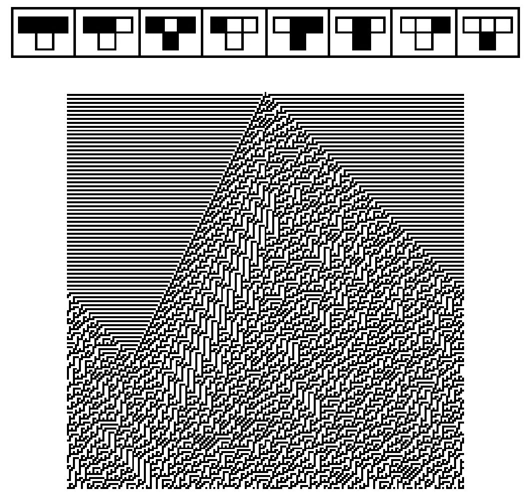
kod reguły = 16+8+4+2 = 30

Przykłady innych reguł

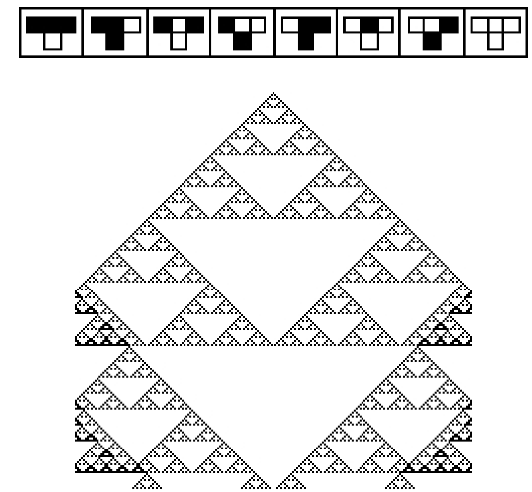
reguła 30



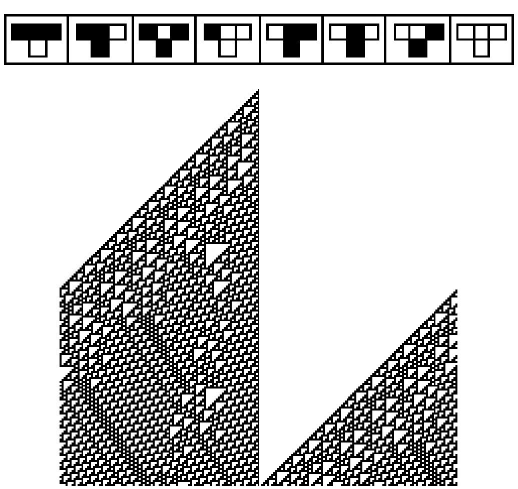
reguła 45



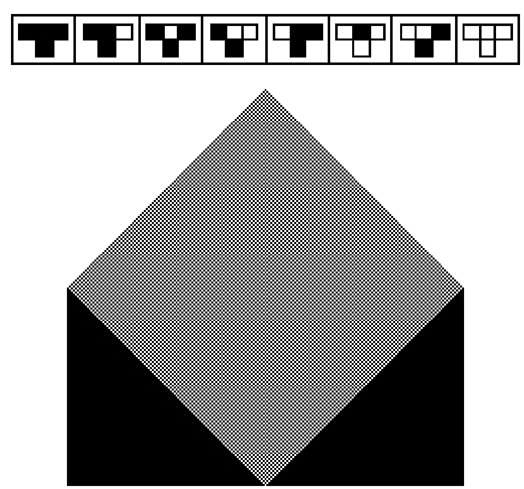
reguła 90



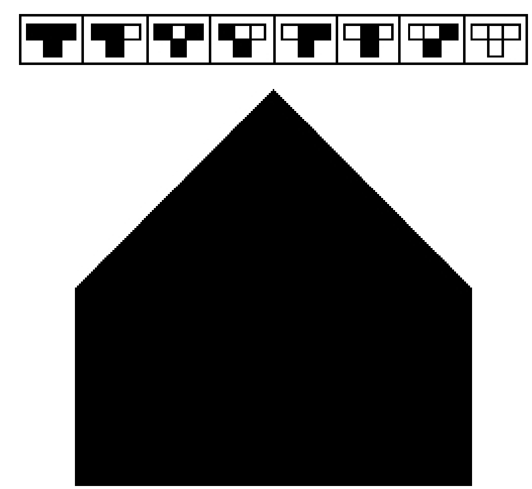
reguła 110



reguła 250



reguła 254



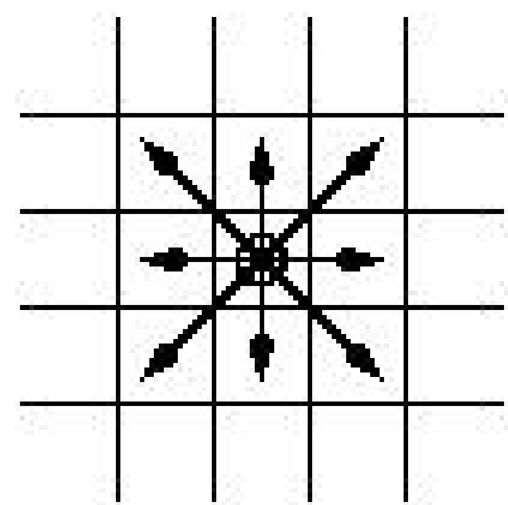
Gra w życie: historia

- Wymyślił ją John Conway pod koniec lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku
- Rozpropagował Martin Gardner w latach siedemdziesiątych w “Scientific American”
- Początkowo grano na planszy do gry w Go
- Program **Conway**

Gra w życie: reguły

- Żywa komórka, mająca jednego żywego sąsiada lub mniej, umiera z osamotnienia
- Żywa komórka, mająca dwóch lub trzech żywych sąsiadów, jest szczęśliwa i żyje dalej
- Żywa komórka, mająca więcej niż trzech żywych sąsiadów, umiera z zatłoczenia
- Martwa komórka, mająca dokładnie trzech żywych sąsiadów, ożywa

Ośmiu najbliższych sąsiadów danej komórki

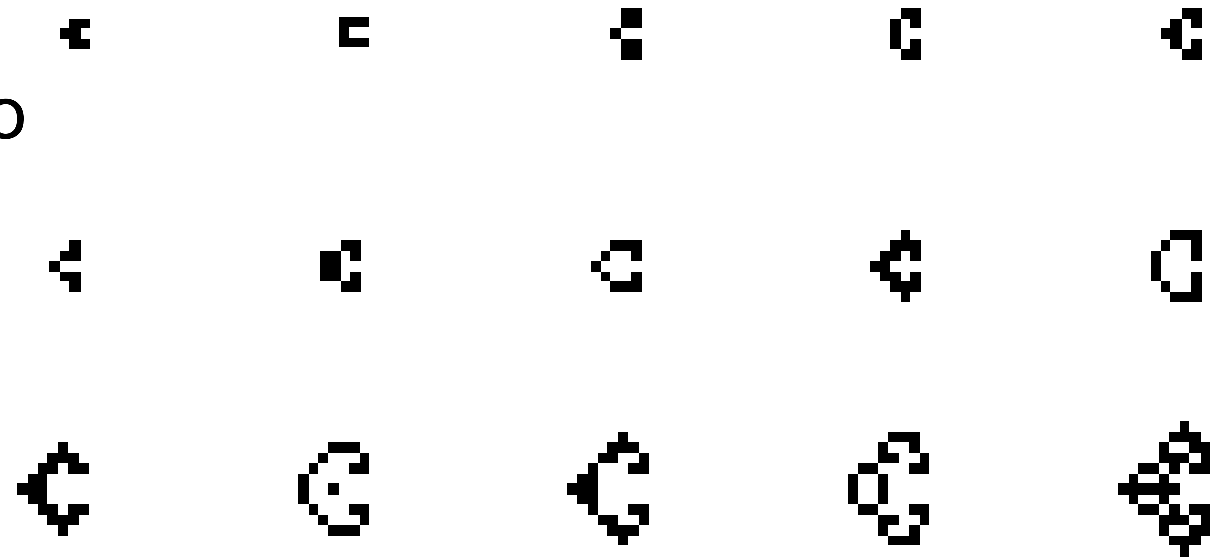


Gra w życie: reguły

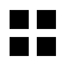
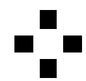
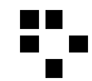
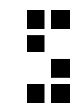
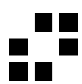
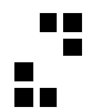
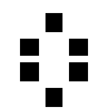
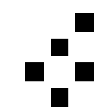
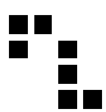
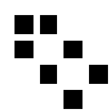
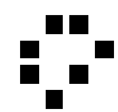
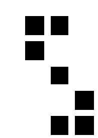
- Zaczynamy od wyboru stanu początkowego
- W każdym kroku wyliczamy stan następny na podstawie bieżącego, zgodnie z regułami gry
- Eksperymentując z różnymi stanami początkowymi widzimy, że pomimo prostoty reguł, zachowanie układu jest bardzo złożone.
- Metafora dla fizyki i chemii: proste prawa fizyki opisują świat w całej jego złożoności

Gra w życie: przykłady

Ewolucja przykładowego stanu 6-komórkowego



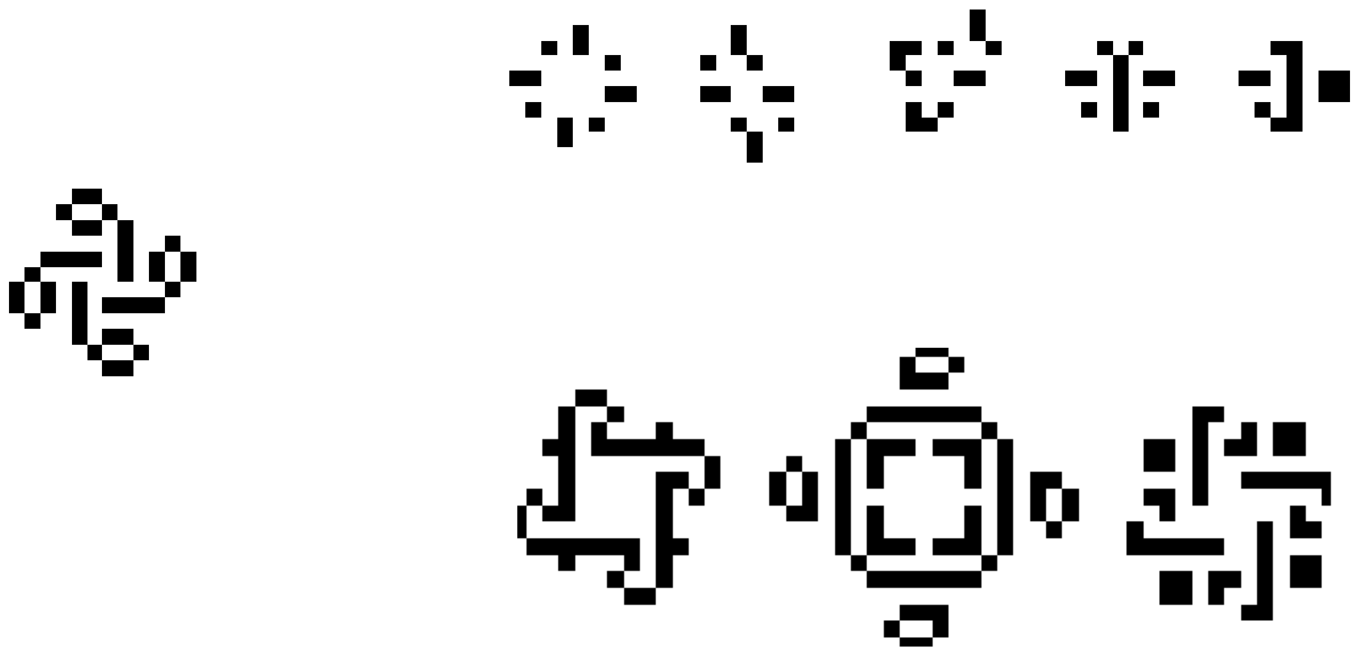
Gra w życie – martwa natura (still life)

box		tub		boat		snake	
ship		aircraft carrier		beehive		barge	
eater/ fishhook		long boat		loaf		long snake	

martwa natura (still life) – grupy komórek, które nie zmieniają się w czasie

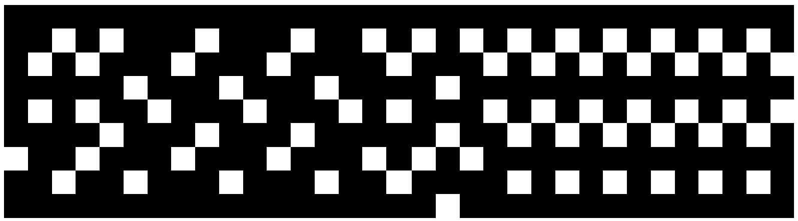
Gra w życie – oscylatory

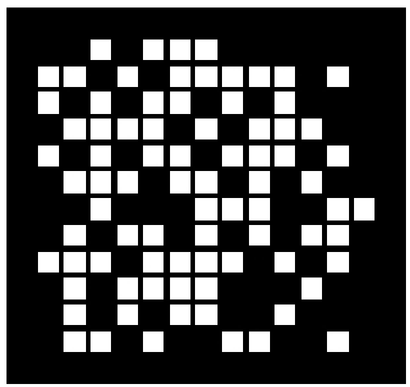
- Oscylatory, to konfiguracje, które powtarzają się po pewnej liczbie generacji



Gra w życie – rajskie ogrody

- Konfiguracja poprzedzająca daną nazywa się „rodzicem”
- Konfiguracje nie mające rodziców nazywają się „rajskimi ogrodami”





Rozbudowane modele

- Komórka może mieć więcej stanów:
  - kilka stanów (dyskretne), np. modele infekcji, epidemii, pożarów lasu, ośrodków pobudliwych
  - stany ciągłe, np. modele dyfuzji

Wyimaginowany model infekcji

- rozważmy automat komórkowy o trzech możliwych stanach: zdrowy, chory, odporny
- komórka zdrowa może zachorować, jeżeli przynajmniej jeden z jej sąsiadów jest chory
- po 6 krokach komórka chora staje się odporna na 4 kroki czasowe. W tym czasie nie zaraża i sama nie może być zarażona
- po 4 krokach komórka odporna staje się znowu zdrowa

Model dyfuzji

- Automaty mogą mieć nie tylko dyskretne stany, ale i ciągłe. Przykład:
- jednowymiarowy automat komórkowy. Stan komórki *m* jest dany stężeniem substancji w danym punkcie w czasie *t*
- Reguła przejścia dana jest wzorem:

$$c_{t+1}[m] = D\left(c_t[m+1] + c_t(m-1)\right) + (1-2D)c_t[m]$$

Inne automaty komórkowe

- gazy sieciowe
- kupki piasku (SOC – self organized criticality)
- **przepływ przez materiały porowate**
- korki w ruchu ulicznym
- pożary lasu
- modele społeczeństwa