

# MODELOWANIE RZECZYWISTOŚCI

Daniel Wójcik

Instytut Biologii Doświadczalnej PAN

[d.wojcik@nencki.gov.pl](mailto:d.wojcik@nencki.gov.pl)

tel. 022 5892 424

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

# Podręcznik

Iwo Białynicki-Birula

Iwona Białynicka-Birula

ISBN: 83-7255-103-0

Data wydania: 6 maja 2002

wkrótce drugie wydanie, rozszerzone

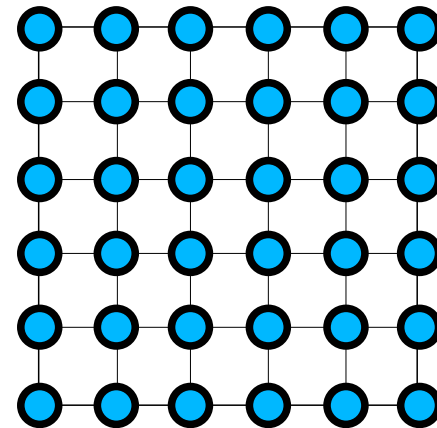


# Automaty komórkowe

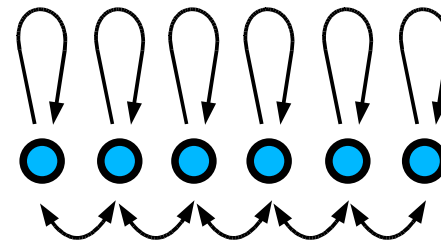
- identyczne elementy
- ułożone na regularnej sieci
- zmieniają stan synchronicznie
- zgodnie z identyczną regułą

# 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



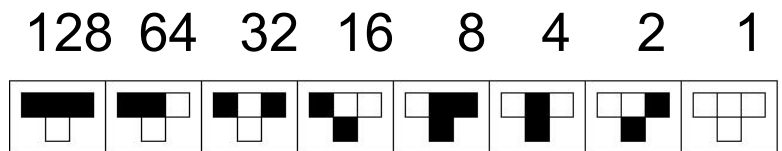
warunki brzegowe!

# 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
- zaczniemy 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
- ...

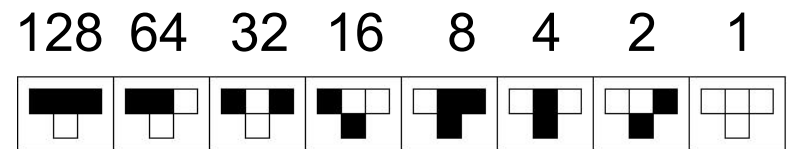
wartości występujące w  $n$ -tym kroku tej ewolucji dane są przez współczynniki występujące w rozwinięciu dwumianu  $(a+b)^n$

# 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

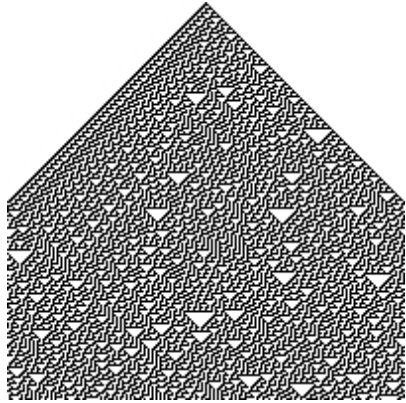


0 0 0 1 1 1 1 0

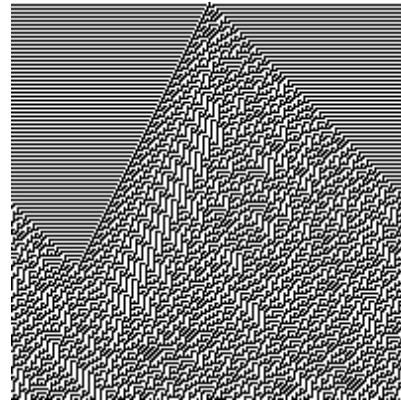
$$\text{kod reguły} = 16+8+4+2 = 30$$

# Przykłady innych reguł

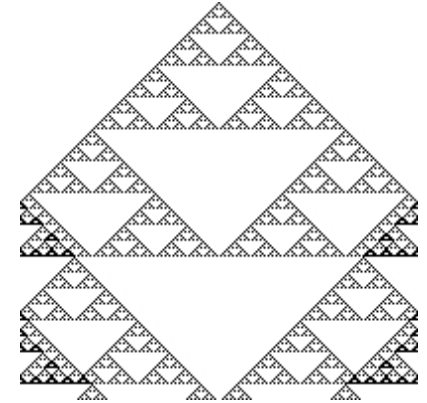
reguła 30



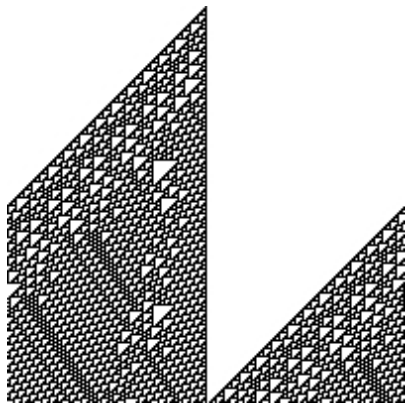
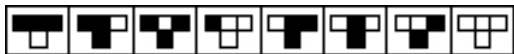
reguła 45



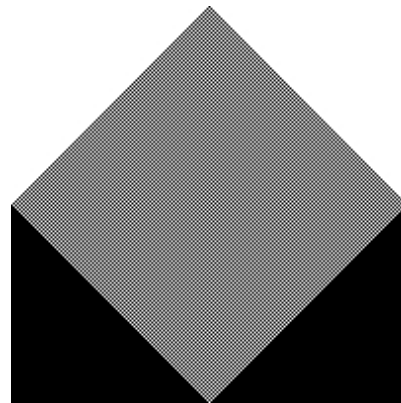
reguła 90



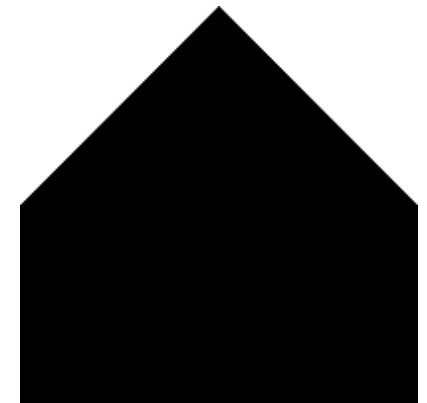
reguła 110



reguła 250



reguła 254





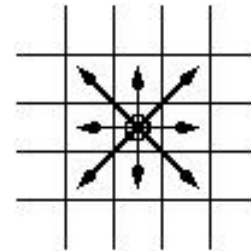
# Gra w życie: historia

- Wymyślił ją John Conway pod koniec lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku
- Rozpropagował Martin Gardner w latach siedemdziesiątych w “Scientific American”
- Program **Conway**

# Gra w życie: reguły

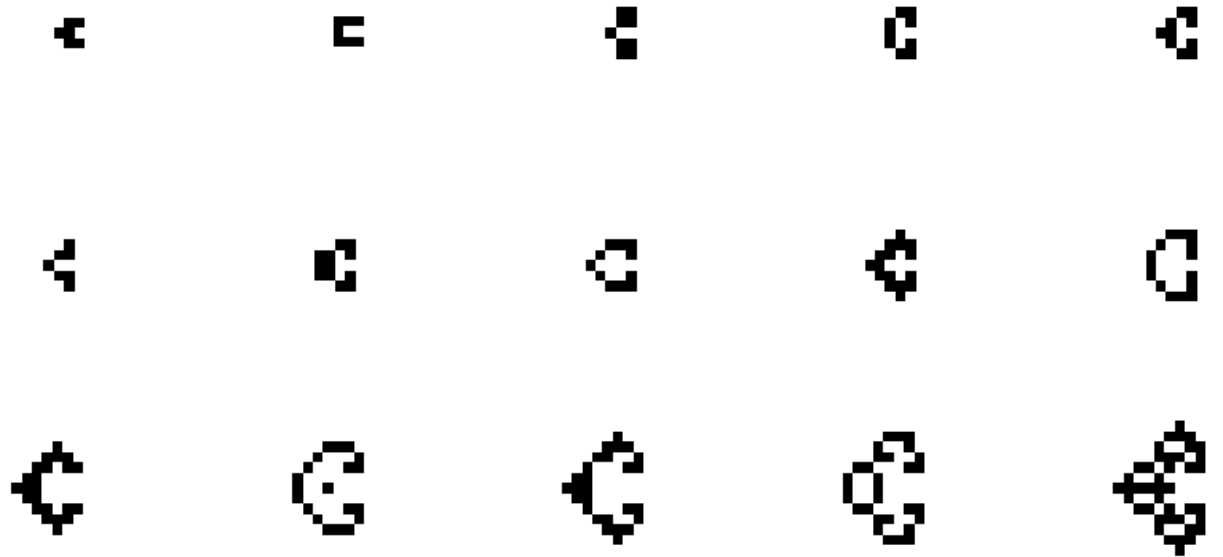
- Żywa komórka, mająca jednego żywego sąsiada lub mniej, umiera z osamotnienia
- Żywa komórka, mająca dwóch lub trzech żywych sąsiadów, jest szczęśliwa i żyje dalej
- Żywa komórka, mająca więcej niż trzech żywych sąsiadów, umiera z zatłoczenia
- Martwa komórka, mająca dokładnie trzech żywych sąsiadów,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

Ośmiu najbliższych sąsiadów danej komórki



# Gra w życie: przykłady

Ewolucja przykładowego  
stanu 6-komórkowego



# Gra w życie – martwa natura (still life)

box



tub



boat



snake



ship



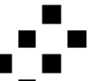
aircraft  
carrier



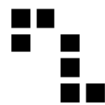
beehive



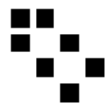
barge



eater/  
fishhook



long  
boat



loaf



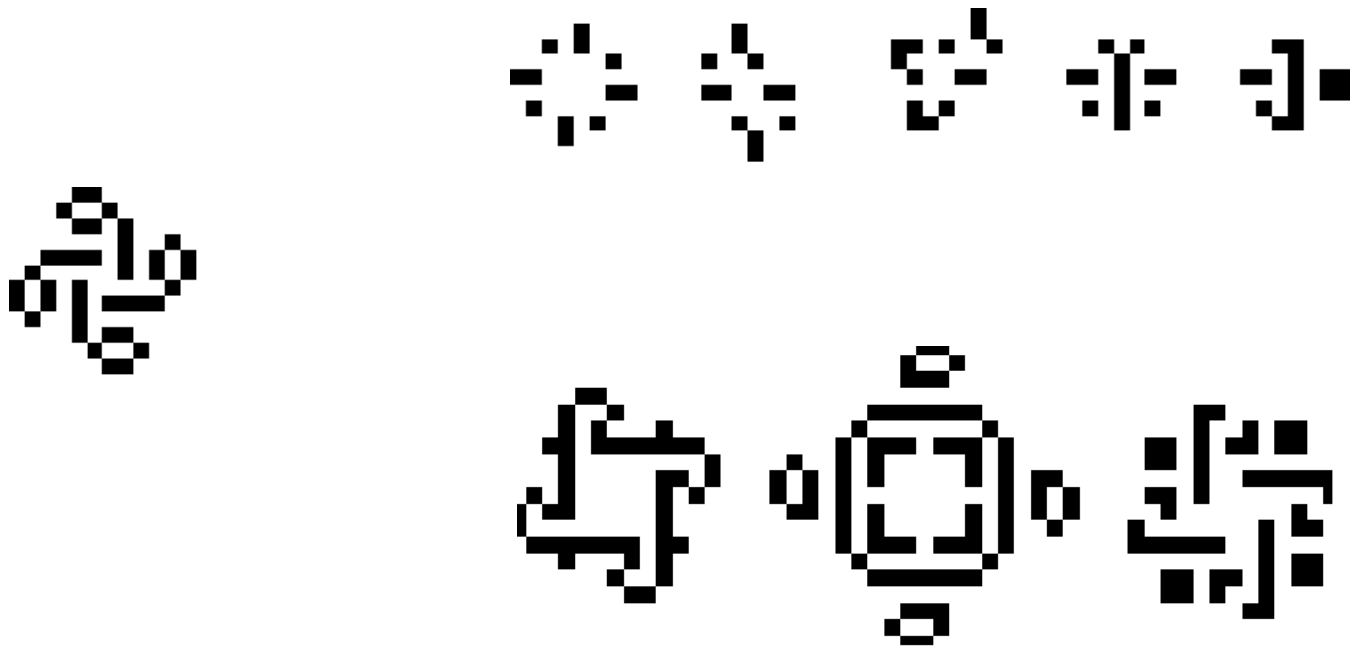
long  
snake



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

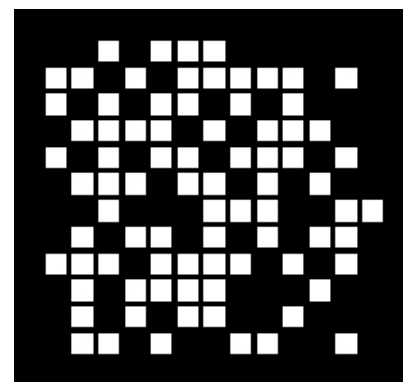
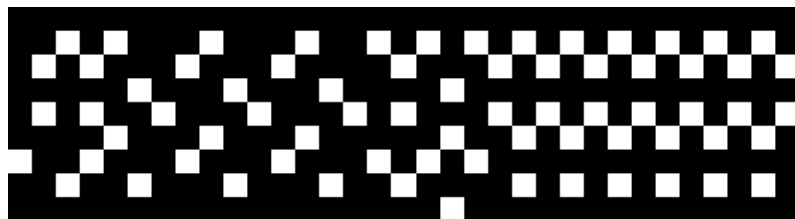
# Gra w życie – oscylatory

- 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:

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

# Inne automaty komórkowe

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

