



Modelowanie wieloskalowe

Automaty Komórkowe - podstawy

Dr hab. inż. **Łukasz Madej**
Katedra Informatyki Stosowanej i Modelowania
Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej

Budynek B5
p. 716
lmadej@agh.edu.pl
home.agh.edu.pl/lmadej



Automaty komórkowe jedno-wymiarowe

Automaty elementarne

Automat deterministyczny

Stany komórek: 0 lub 1 ($k=2$)

Otoczenie: najbliżsi sąsiedzi ($r=1$)

Reguła przejścia: stan komórki w czasie $t+1$ zależy od stanu komórek sąsiednich i jej samej w czasie t

Reguła przejścia w tym przypadku uwzględnia stan 3 komórek ($2r+1$) każda może mieć dwa stany. Czyli reguła przejścia musi być określona dla $2^3 = 8$ różnych konfiguracji.

Każda z otrzymanych konfiguracji ma 2 stany, to w rezultacie daje $2^8 = 256$ sposobów określenia reguły przejścia.



Automaty komórkowe jedno-wymiarowe

Reguła 90

Ewolucja w czasie

t



$t+1$

01011010

$2^7 2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0$

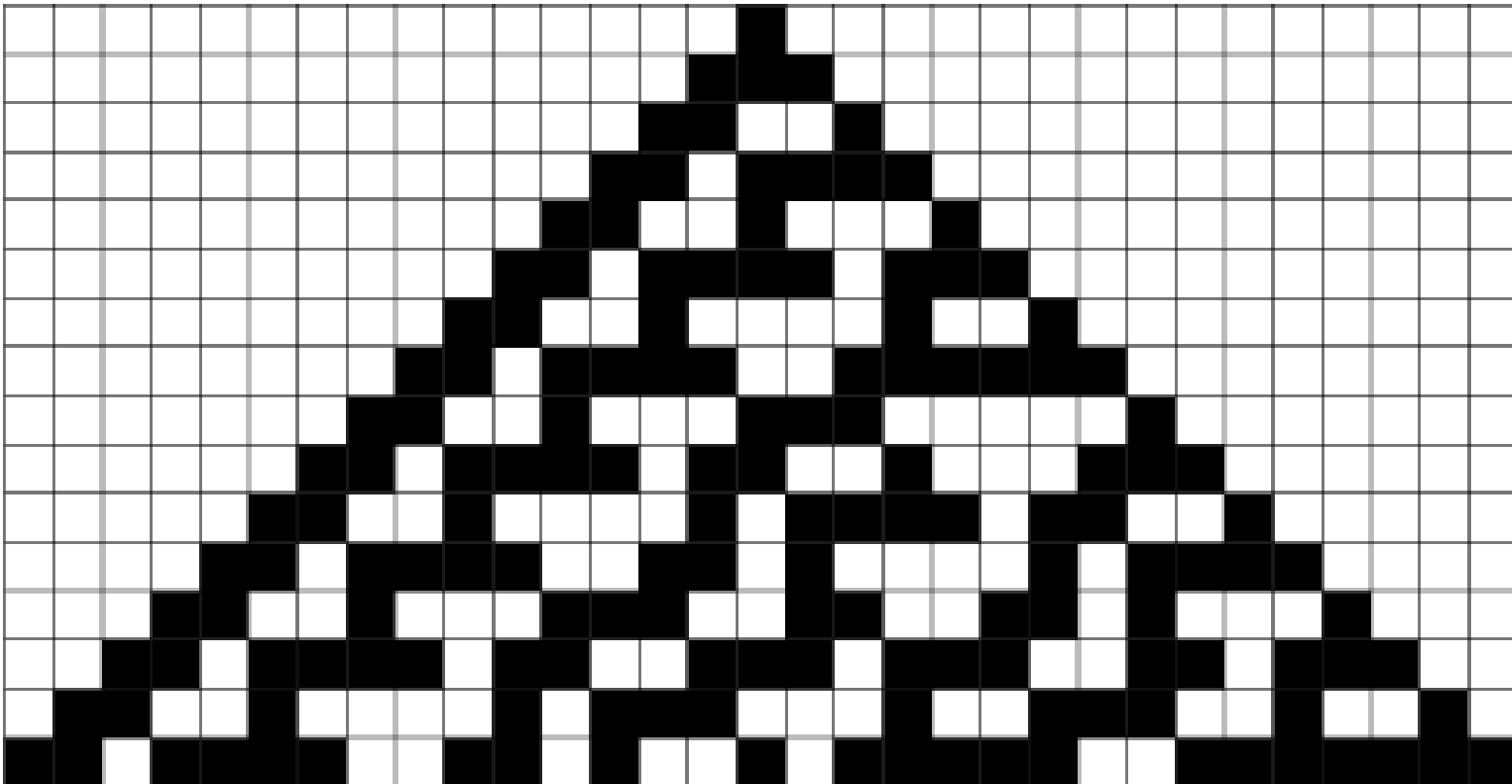
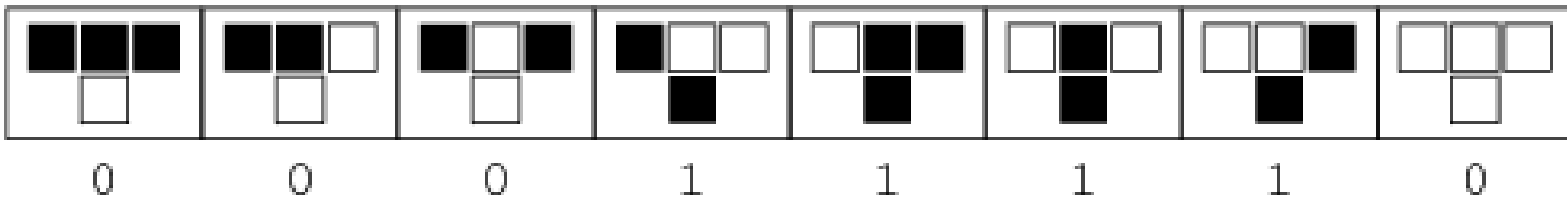
$$2^1 + 2^3 + 2^4 + 2^6 = 2 + 8 + 16 + 64 = \mathbf{90}$$



Automaty komórkowe jedno-wymiarowe

rule 30

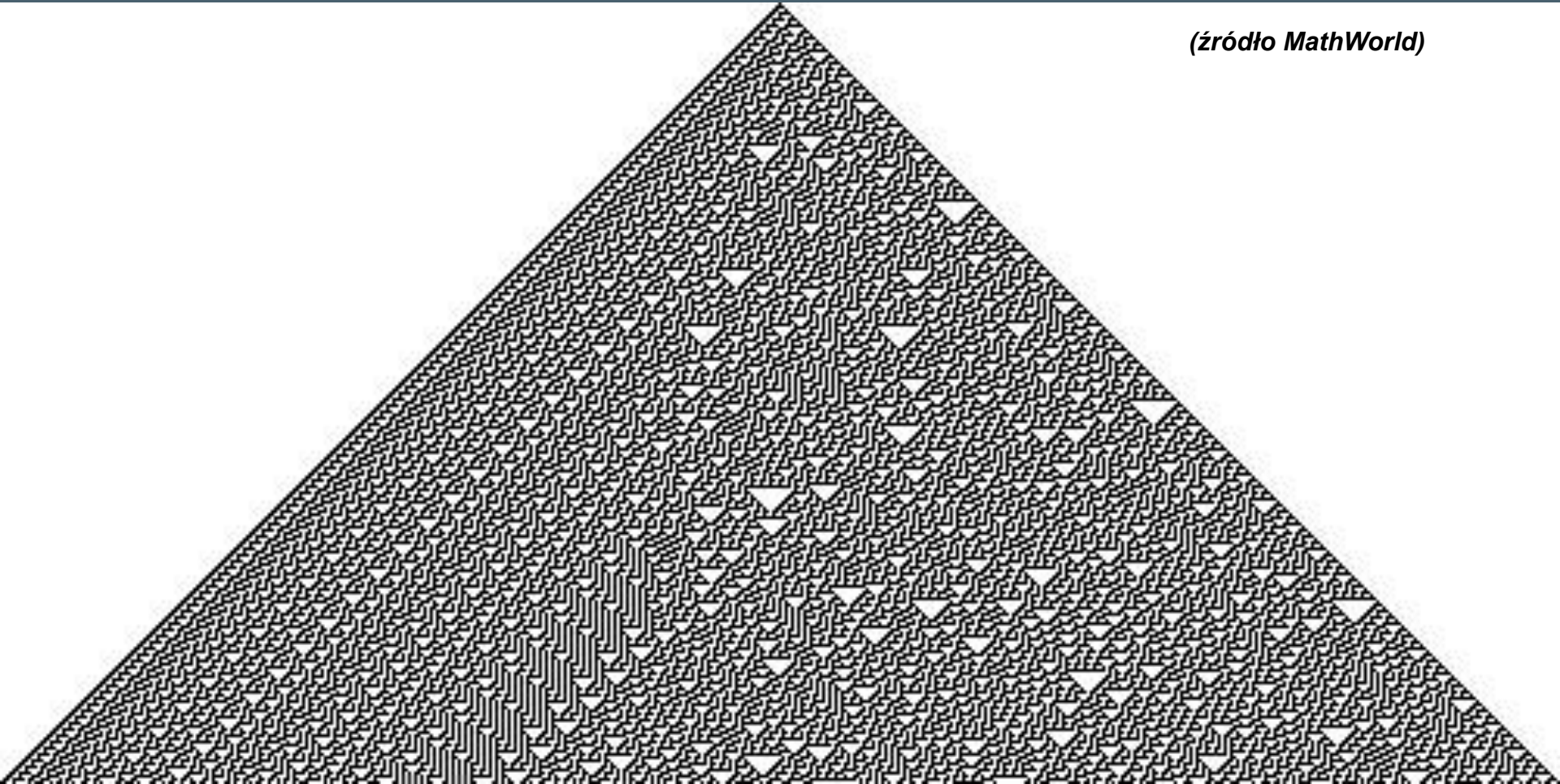
(źródło MathWorld)





Automaty komórkowe jedno-wymiarowe

(źródło MathWorld)



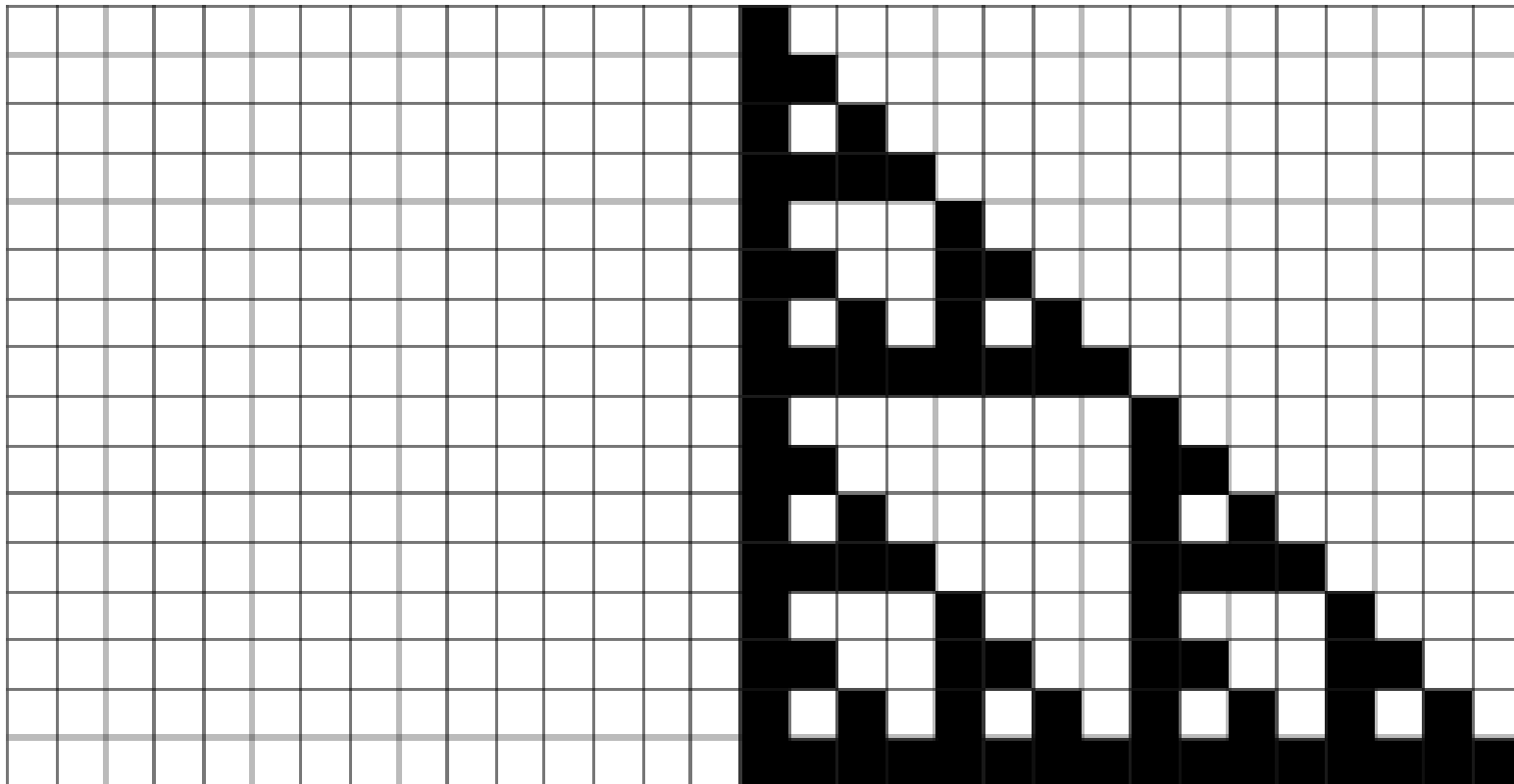
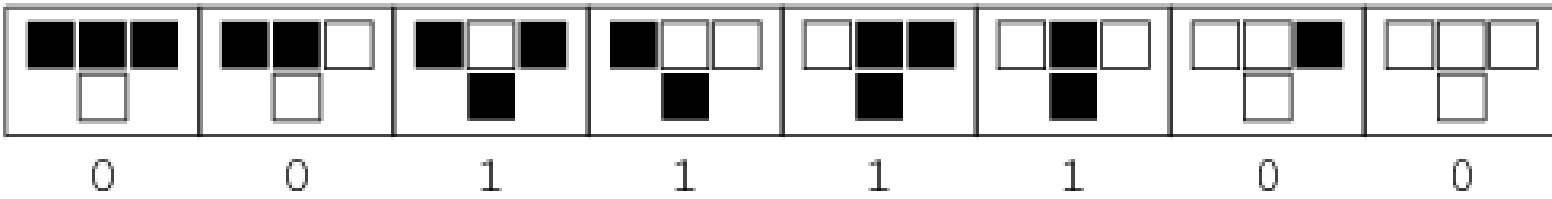
250 iteracji



Automaty komórkowe jedno-wymiarowe

rule 60

(źródło MathWorld)

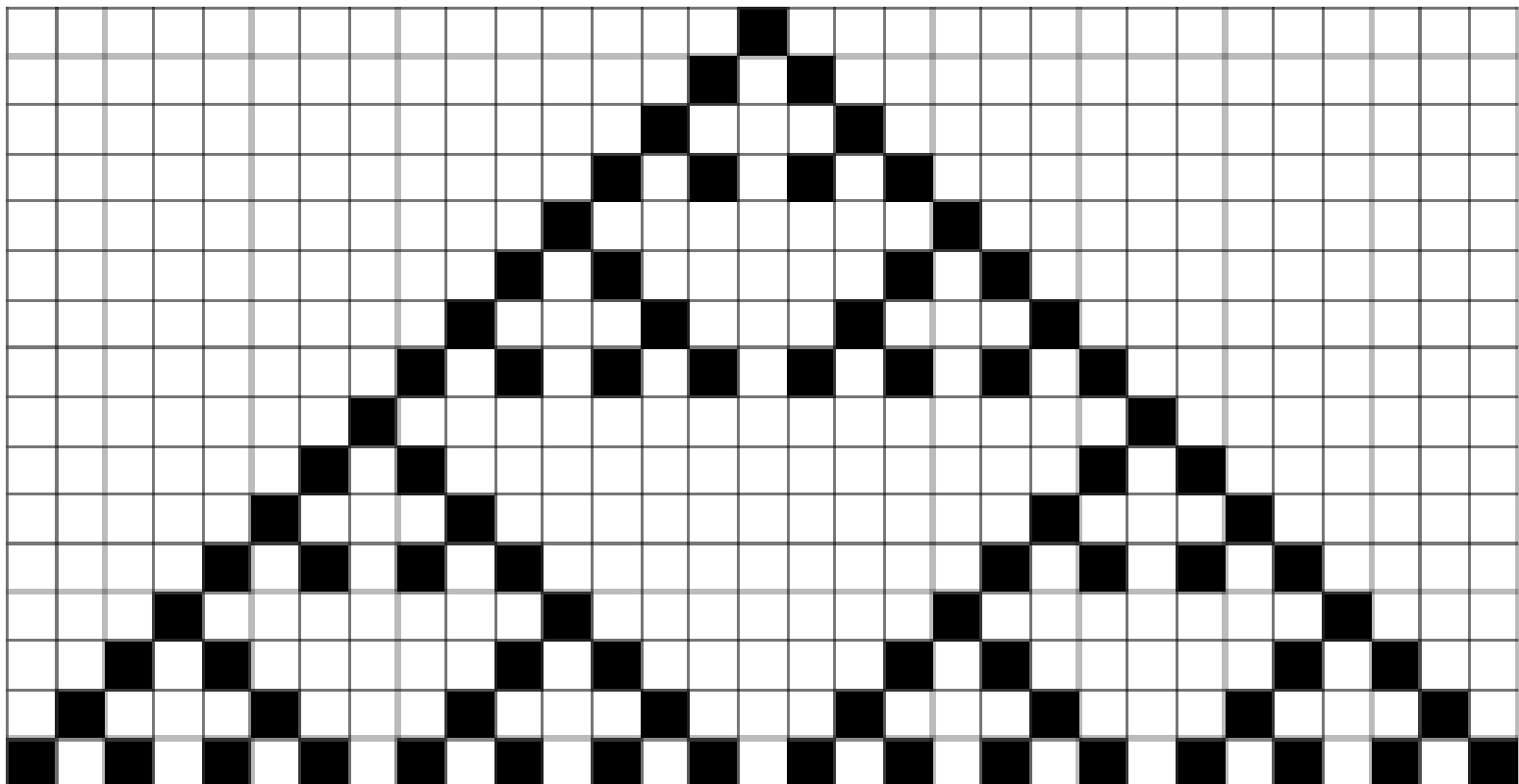
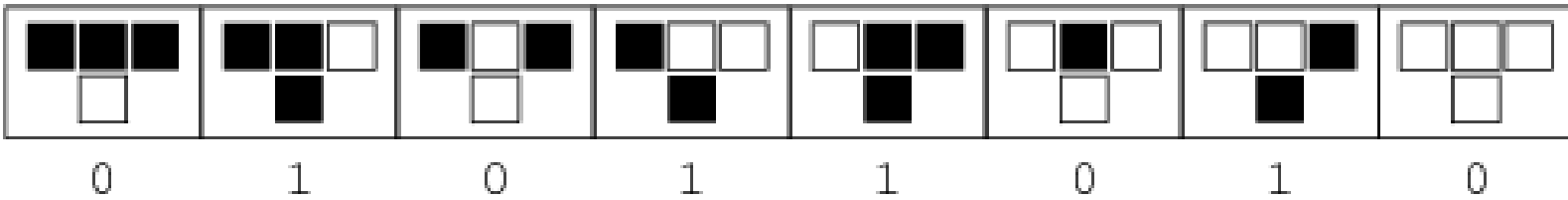




Automaty komórkowe jedno-wymiarowe

rule 90

(źródło MathWorld)

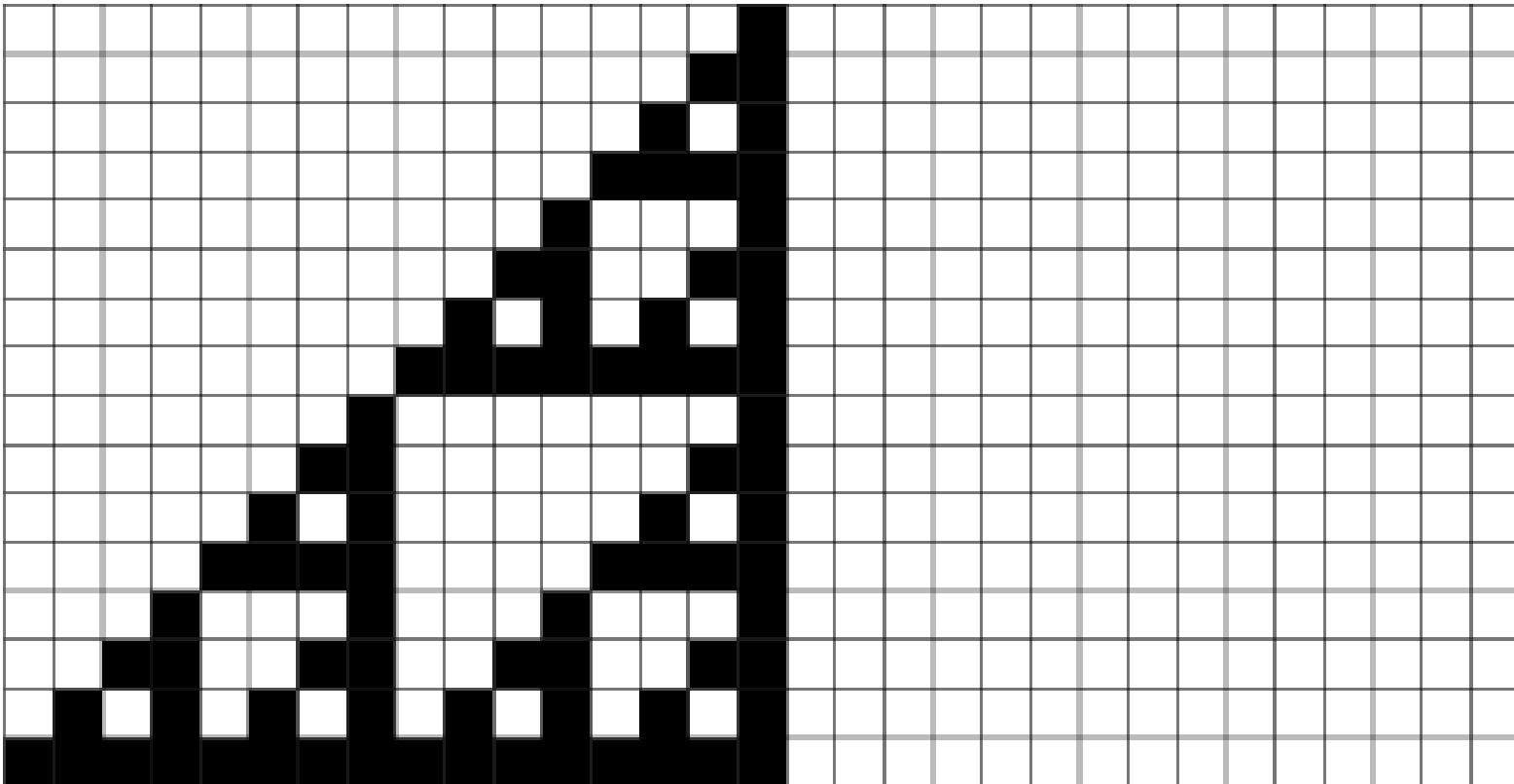
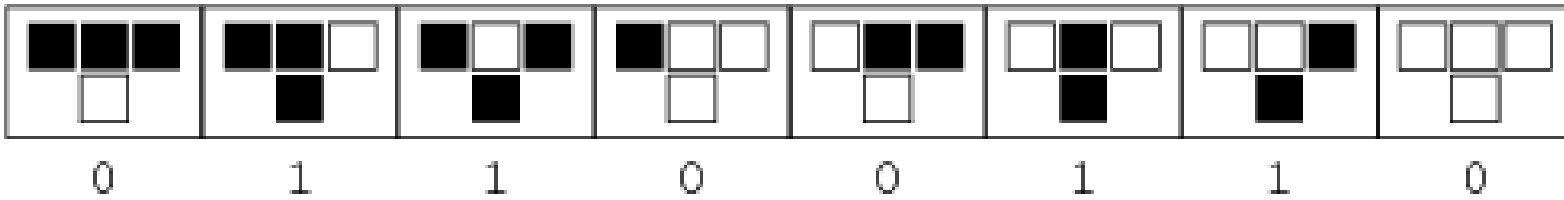




Automaty komórkowe jedno-wymiarowe

rule 102

(źródło MathWorld)

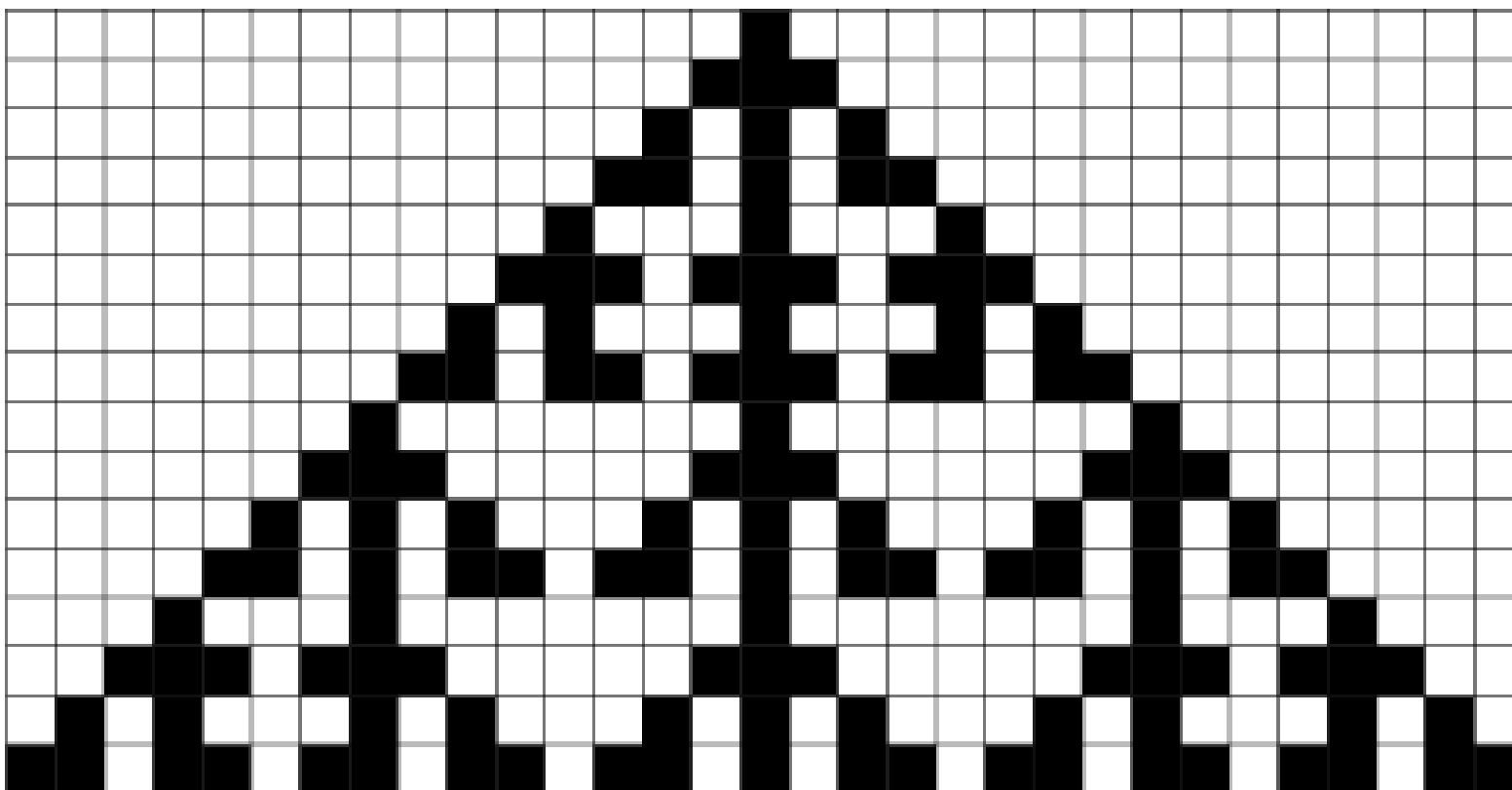
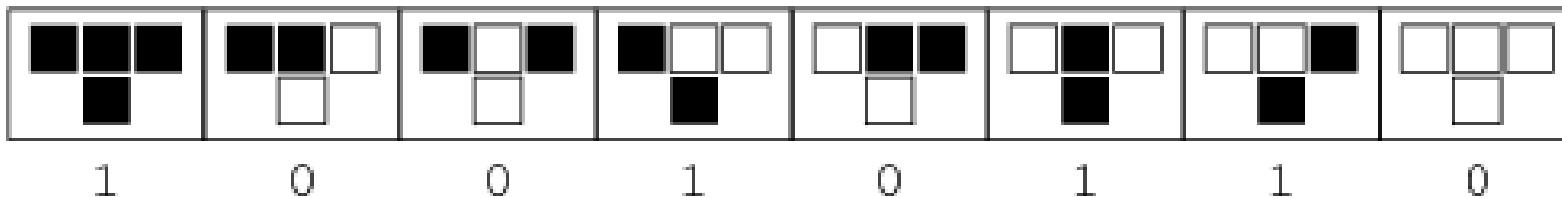




Automaty komórkowe jedno-wymiarowe

rule 150

(źródło MathWorld)

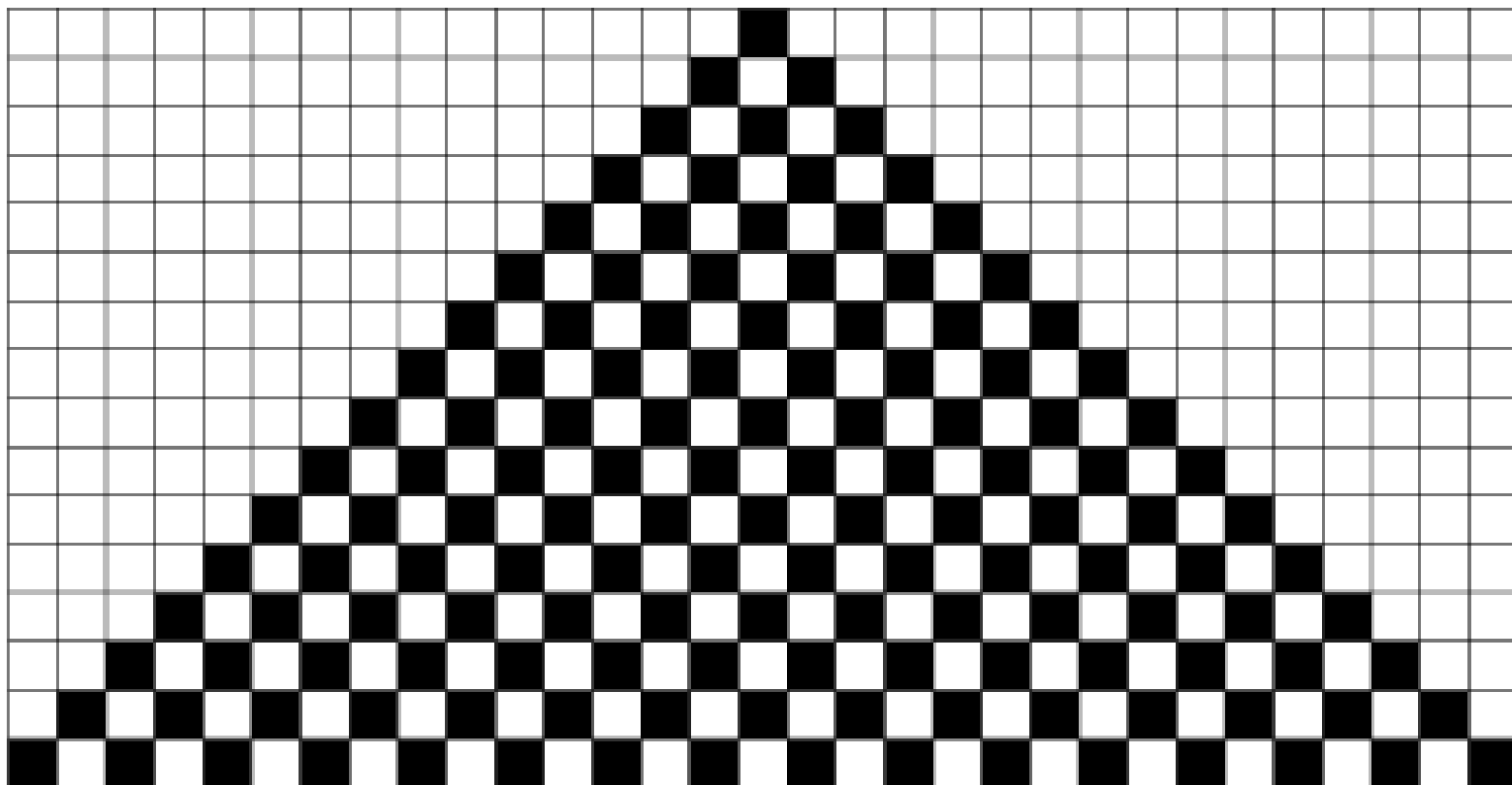
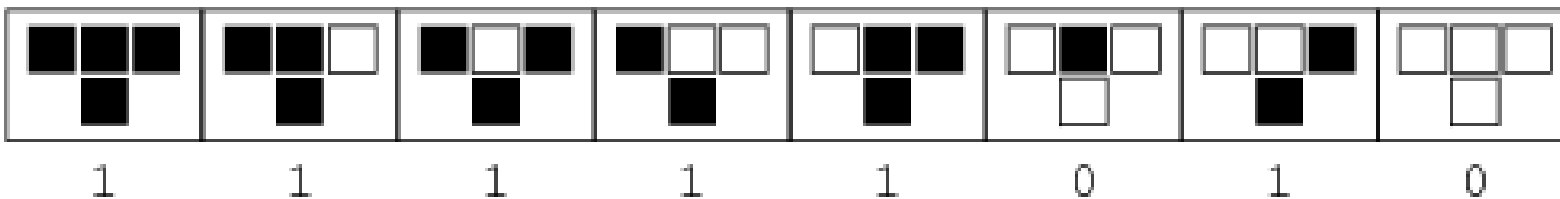


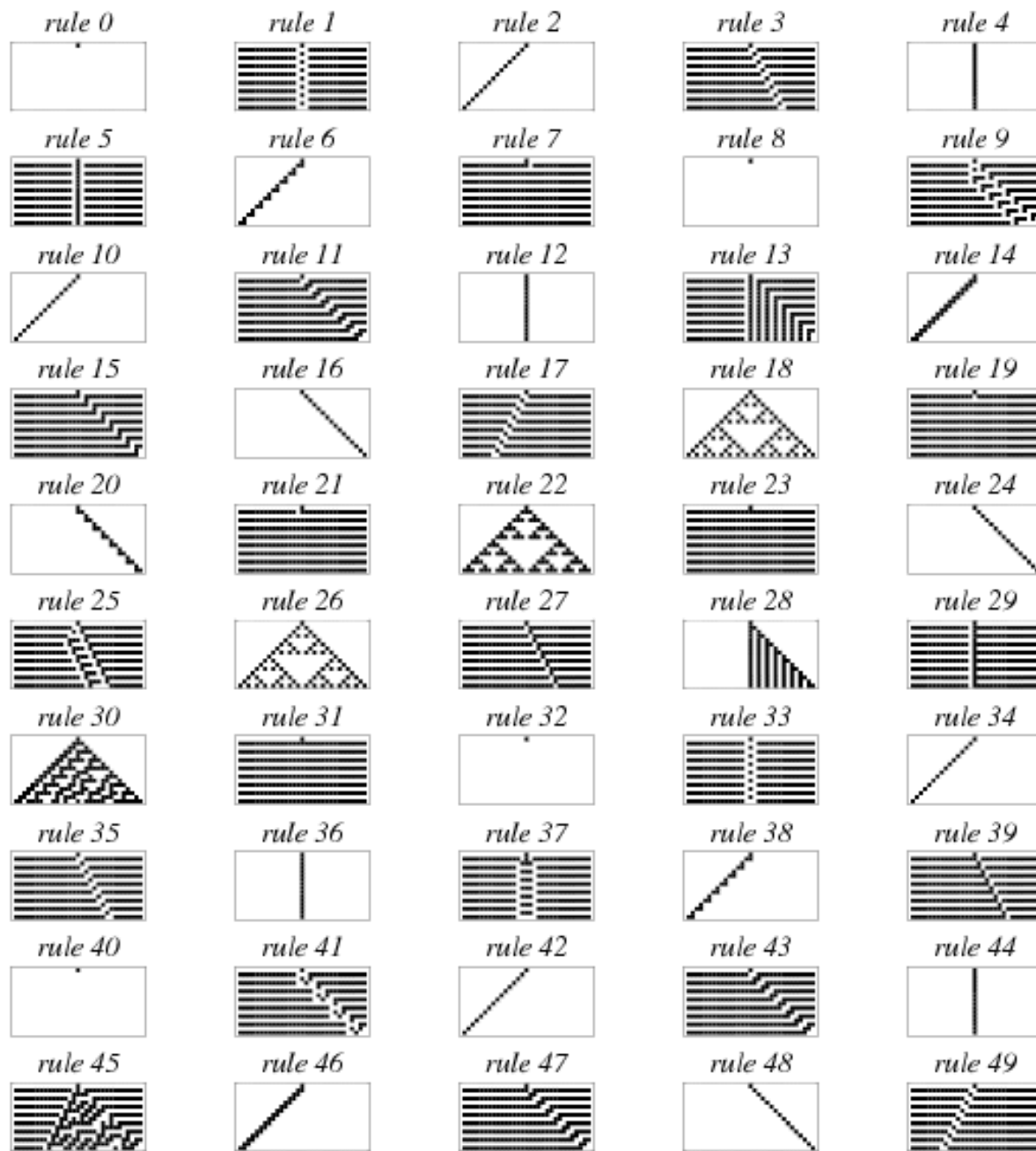


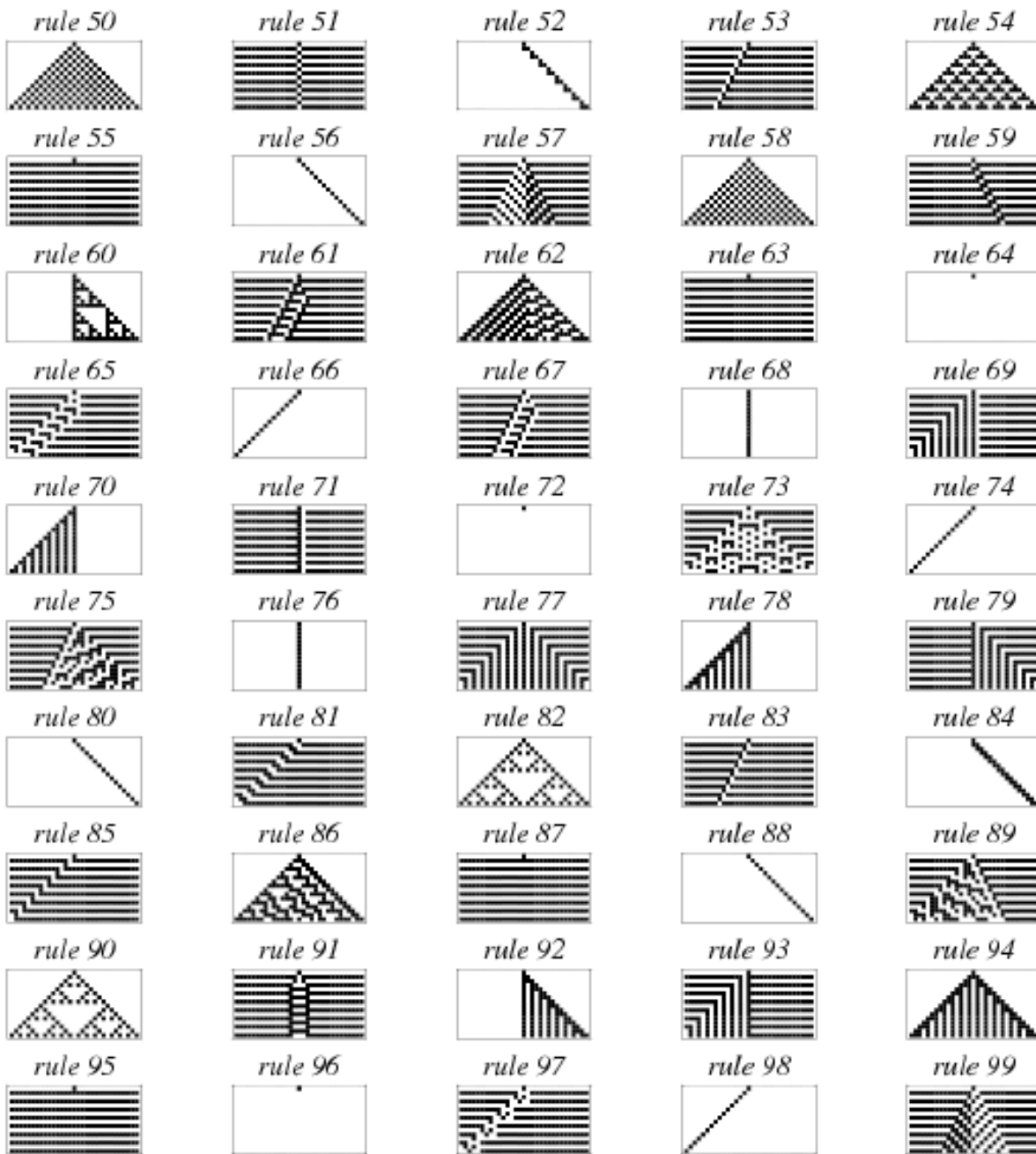
Automaty komórkowe jedno-wymiarowe

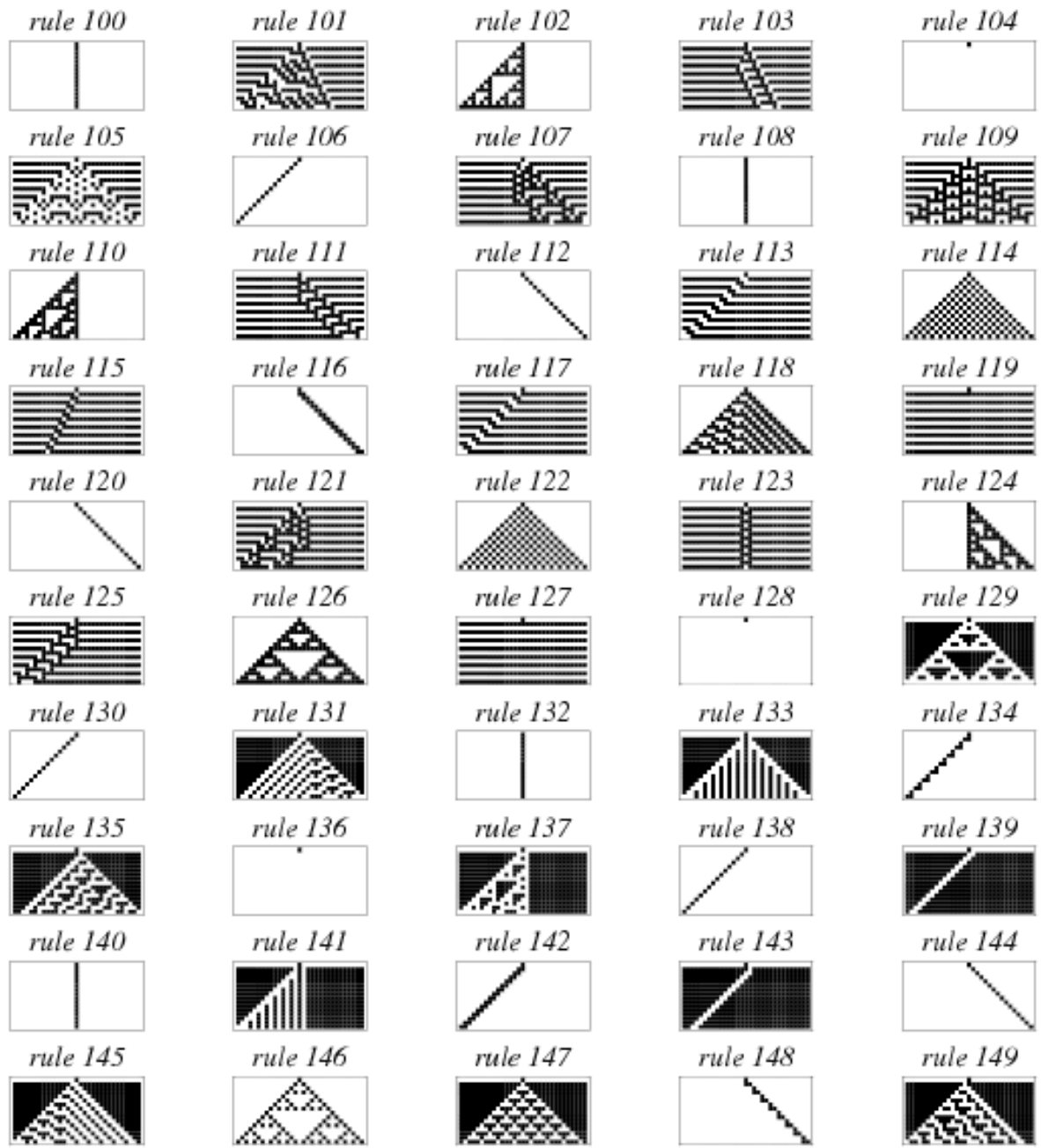
rule 250

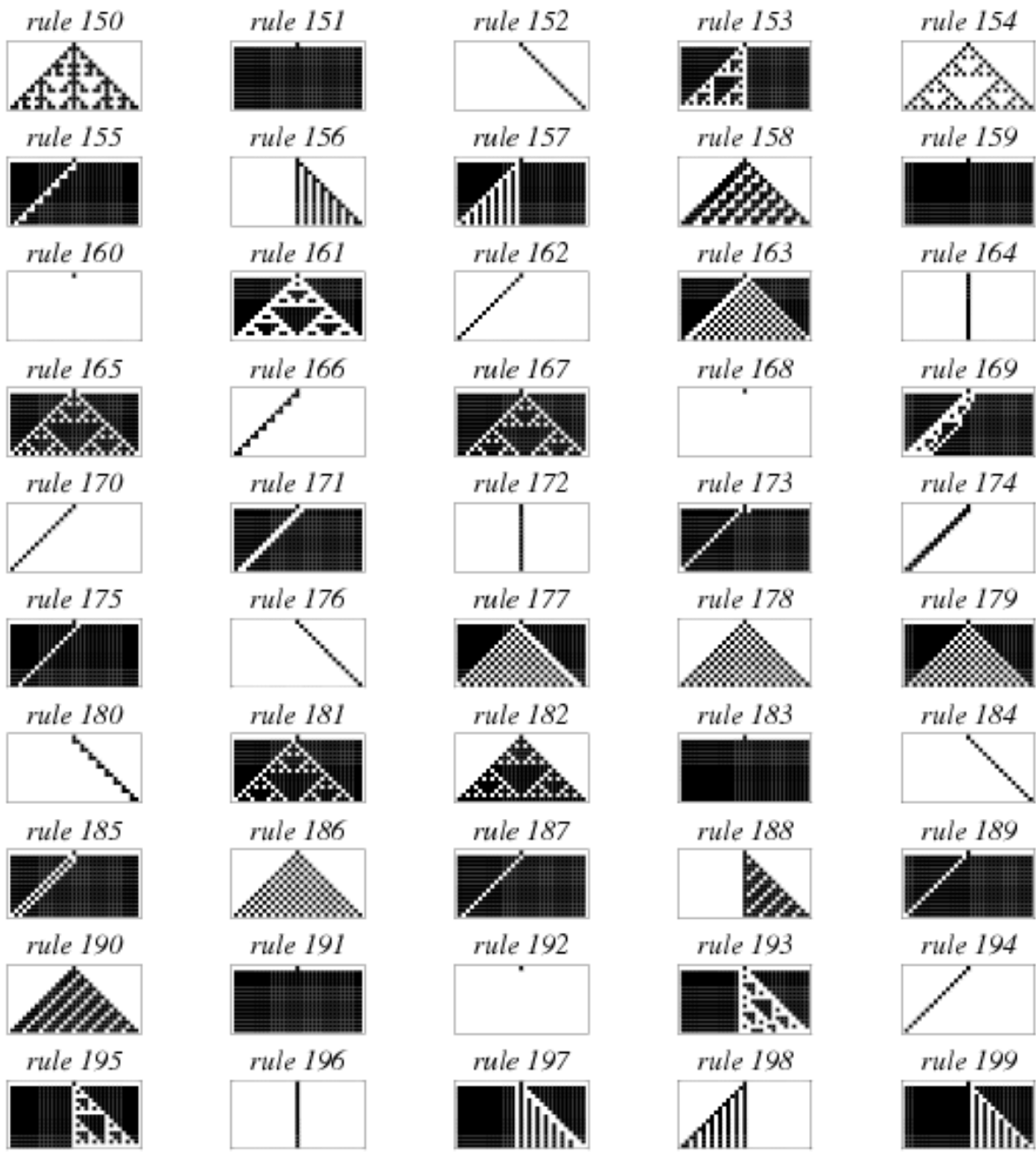
(źródło MathWorld)

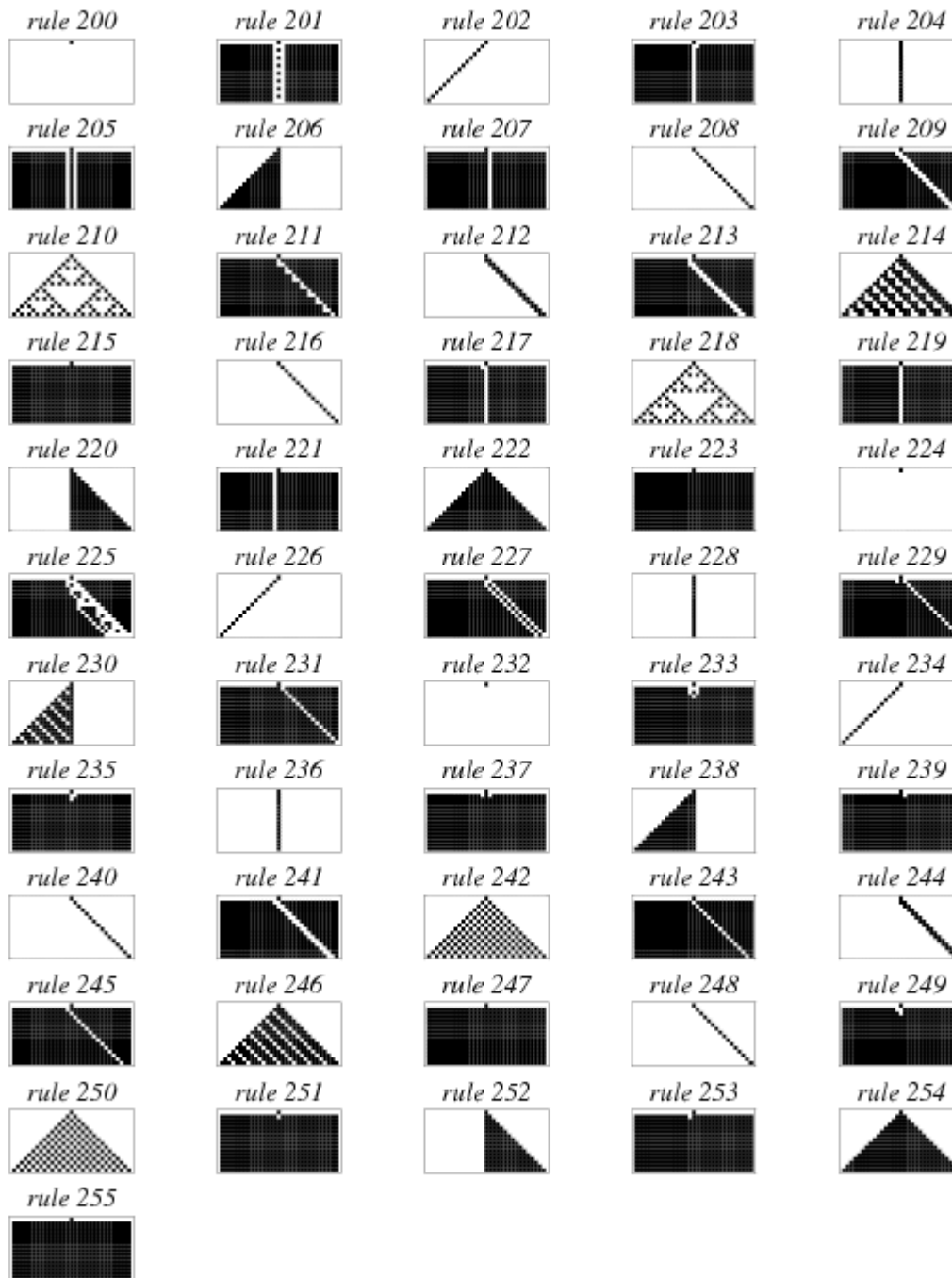














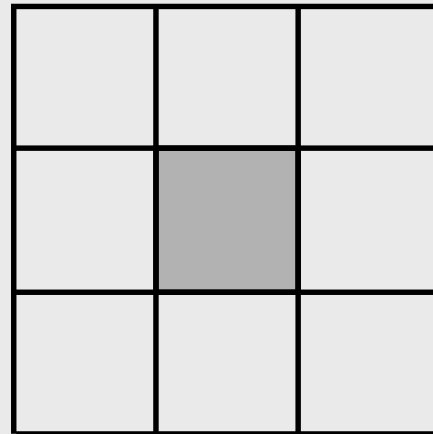
Game Of Life - J.H. Conway

Wymiar przestrzeni: 2D

Sąsiedztwo: Moore

Ilości stanów komórki: 2 - „żywa” lub „martwa”

Żywa - 1
Martwa: 0





Game Of Life - J.H. Conway

Obecnie algorytm ten stanowi głównie źródło fascynacji i zabawy, to jednak gra w życie zrodziła się na drodze poważnych rozważań, dotyczących sformułowania matematycznego modelu opisującego zachowanie się organizmów żywych.

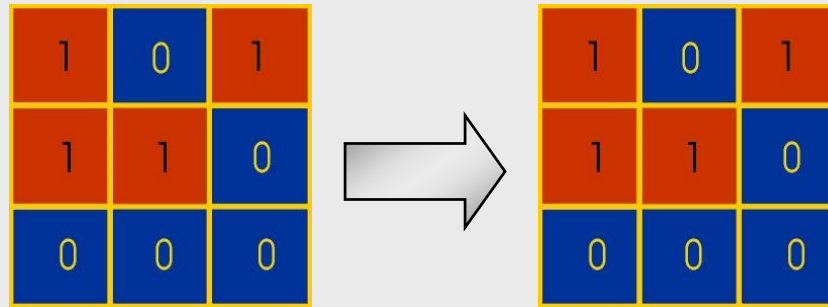
Każda martwa komórka (stan 0), posiadająca trzech żywych sąsiadów (komórki w stanie 1), rodzi się (zmienia swój stan z 0 na 1).

1	0	1
1	1	0
0	0	0



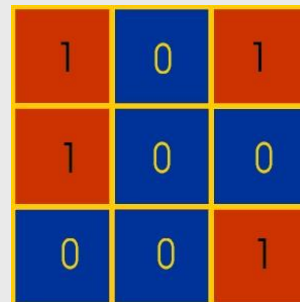
Game Of Life - J.H. Conway

Każda żywa komórka posiadająca dwóch lub trzech żywych sąsiadów (komórki w stanie 1), pozostaje żywą (utrzymuje stan 1),



Każda żywa komórka posiadająca więcej niż 3 sąsiadów umiera, z “natłoku” oraz każda żywa komórka posiadająca mniej niż dwóch sąsiadów

również umiera, z “samotności”.





Game Of Life - J.H. Conway

23/3



Liczba komórek w sąsiedztwie, dla których żywe komórki przeżywają

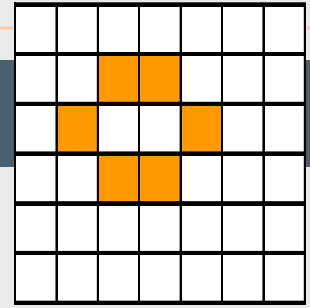
Liczba komórek w sąsiedztwie, dla których martwe komórki ożywają

Probabilistyczna „Gra w życie”

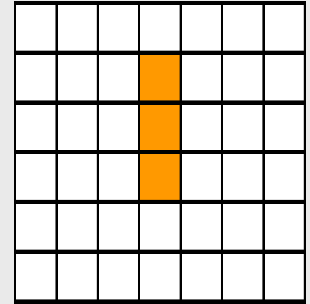


Game Of Life - struktury

Struktury niezmiennie - inaczej stabilne lub statyczne, pozostają identyczne bez względu na krok czasowy

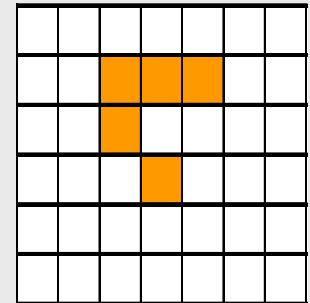


Oscylatory - zmieniają się okresowo, co pewien czas powracają do swojego stanu pierwotnego



Struktury niestałe - zmieniają się, nie powracając nigdy do swojego stanu pierwotnego

Struktura typu Glider - porusza się w nieskończoność po planszy



Struktura typu Działo - wyrzuca z siebie jeden układ komórek np. Glider, który odłącza się i egzystuje samodzielnie



Game Of Life - Modyfikacje

Immigration

3 stany – żywa czerwona, żywa zielona, martwa

Definiując warunki początkowe każdej z komórek przypisujemy jeden kolor.

Na każdy z kolorów powinna być zabarwiona przynajmniej jedna komórka, w przeciwnym razie uzyskamy zwykłą grę w życie!

Nowo powstające komórki przyjmują taki kolor, jaki ma większość z ich 3 żywych sąsiadów.

Kolory żywych komórek nie zmieniają się w trakcie gry.

Darwinia

Komórka pozostaje żywą maksymalnie przez 50 cykli, potem zmienia stan na martwą.

Pozostałe reguły bez zmian.

Każda symulacja kończy się śmiercią wszystkich komórek!!!



Gra Fredkina

1357/1357

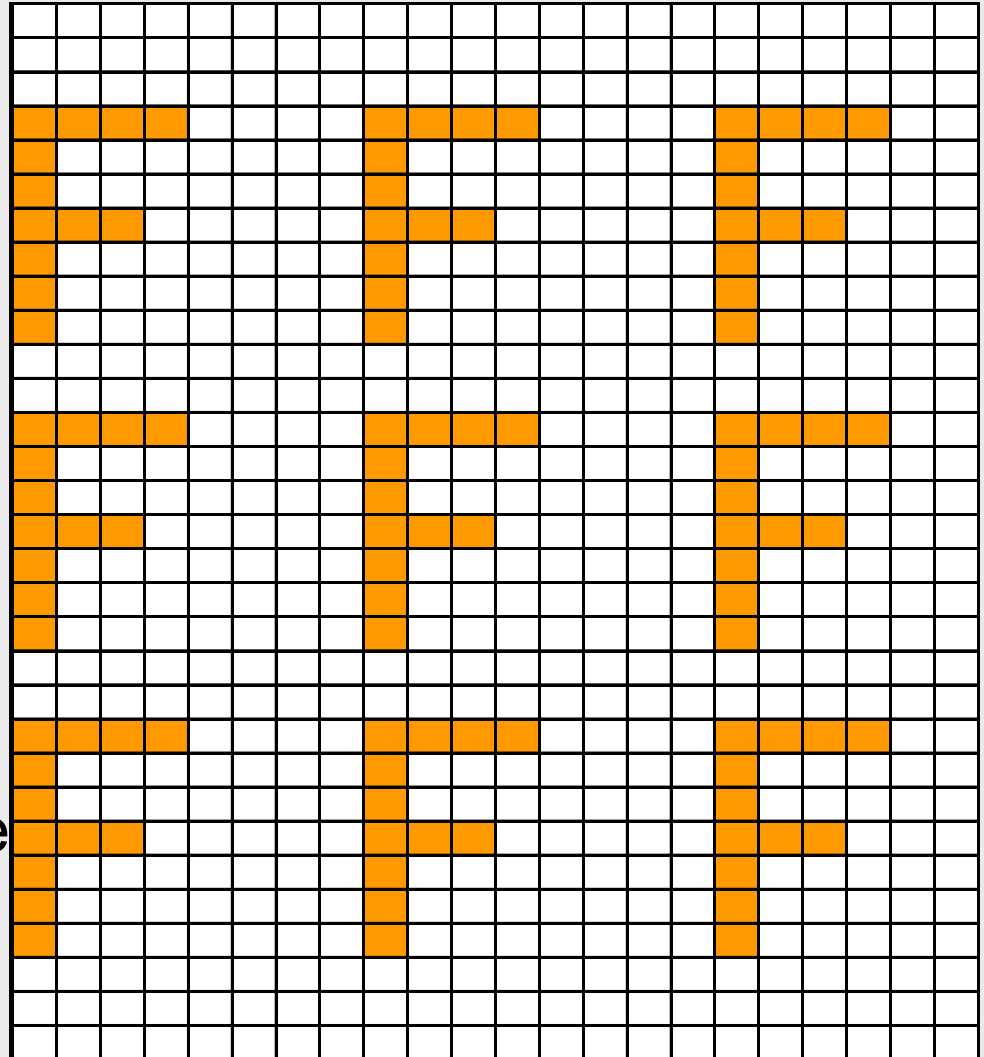
Wymiar przestrzeni: 2D

Sąsiedztwo: Moore

Ilości stanów komórki: 2 -
„żywa” lub „martwa”

Reguła przejścia:

Jeżeli liczba komórek żywych
w sąsiedztwie rozpatrywanej
komórki (martwej w
poprzednim kroku czasowym)
jest nieparzysta, komórka staje
się żywa, w przeciwnym razie
martwa.



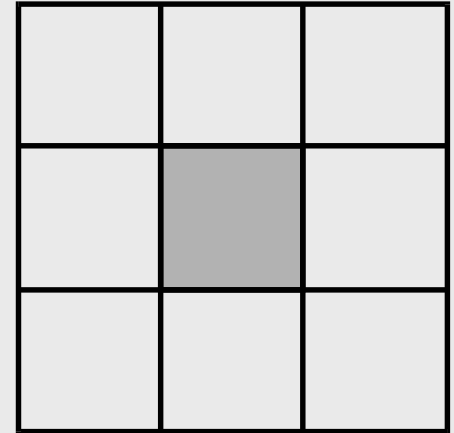


Mrówka Langtona

Wymiar przestrzeni: 2D

Sąsiedztwo: Moore

Ilości stanów komórki: 2 - „biały” lub „czarny”



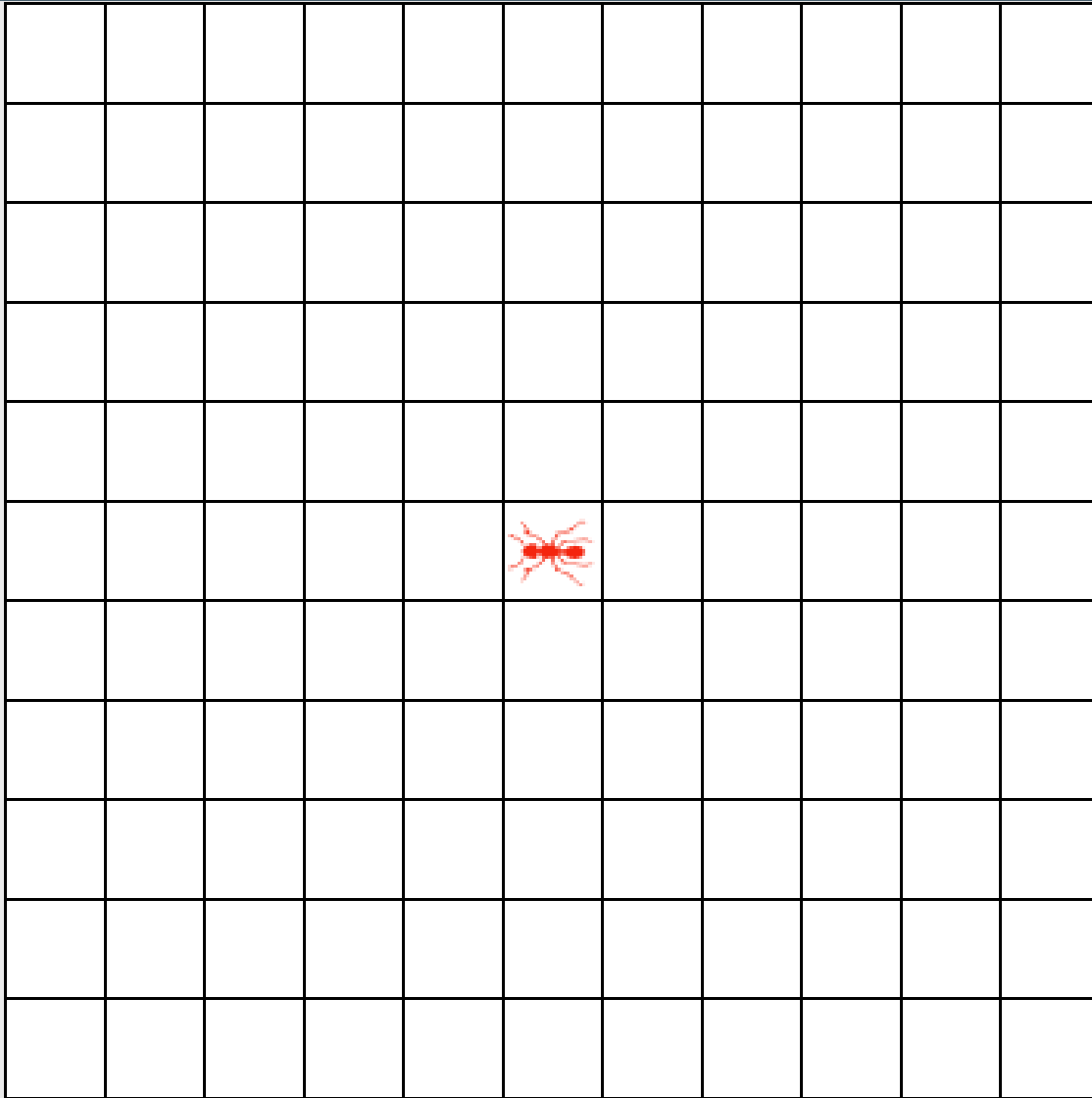
Reguły przejścia:

W każdym kroku wyróżniona jest jedna komórka nazywana "mrówką", która oprócz koloru ma określony także kierunek, w którym się porusza

1. Jeśli mrówka jest na czarnym polu, obraca się w prawo o 90 stopni i przechodzi do sąsiedniej komórki.
2. Jeśli mrówka jest na białym polu, obraca się w lewo o 90 stopni i przechodzi do sąsiedniej komórki.
3. Opuszczając komórkę mrówka odwraca jej kolor.

W kroku czasowym modyfikowana jest *jedna* komórka

Bieżące położenie mrówki jest przechowywane pomiędzy krokami czasowymi





Pożar lasu

Wymiar przestrzeni: 2D

Sąsiedztwo: Moore

Ilości stanów komórki: 3 - „**drzewo**”, „**płonące drzewo**” lub „**spalone drzewo**”

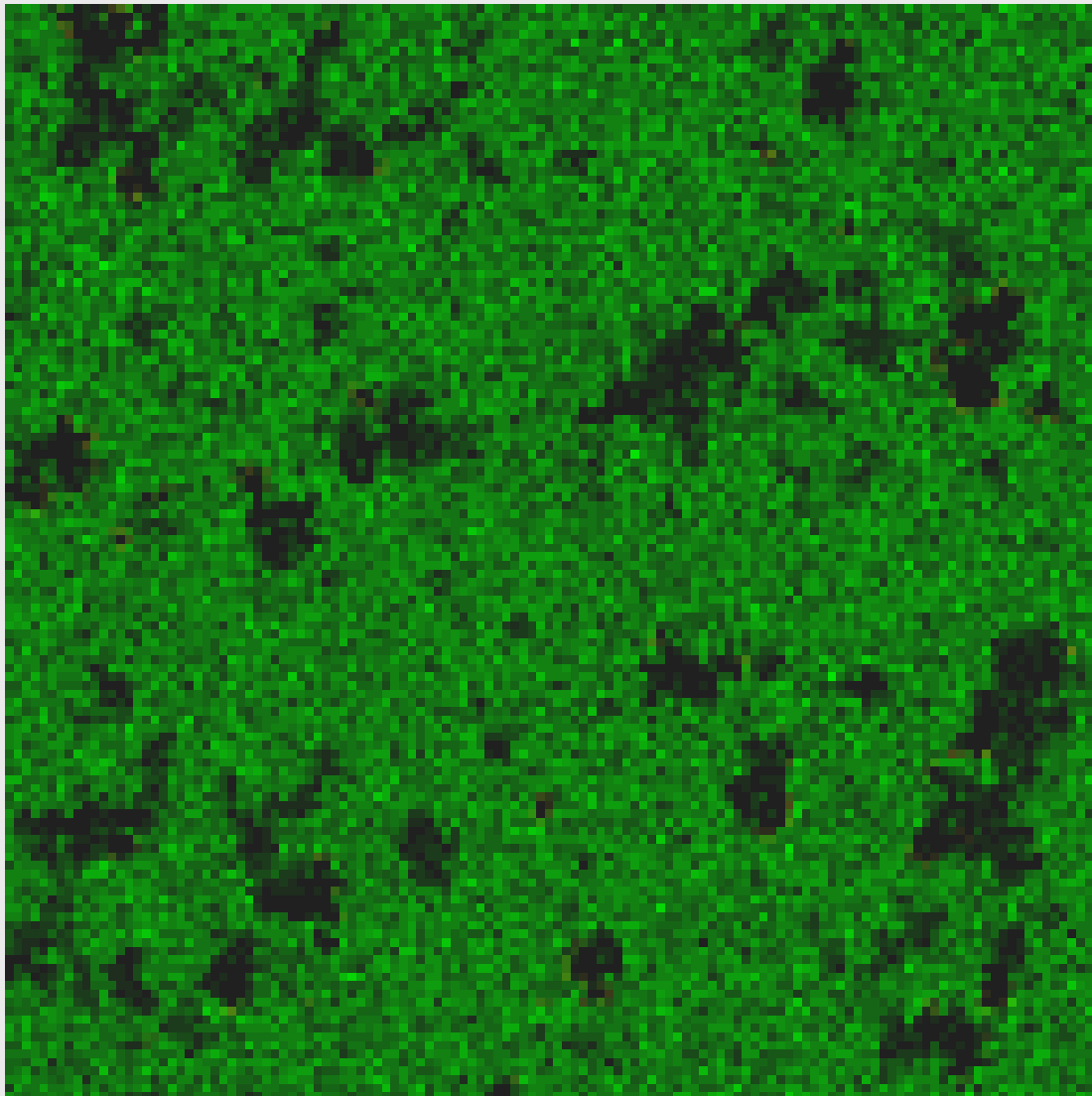
Reguły przejścia:

Drzewo → **płonące drzewo** z prawdopodobieństwem p jeżeli za sąsiada ma **płonące drzewo**

Płonące drzewo → **Spalone drzewo**

Spalone drzewo → **Spalone drzewo**

Dodatki: samozapłon drzewa, odrośnięcie drzewa





- wilgotność (większa wilgotność - mniejsze prawdopodobieństwo zapalenia)
- ukształtowanie terenu
- wiatr (różne prawdopodobieństwa w różnych kierunkach)

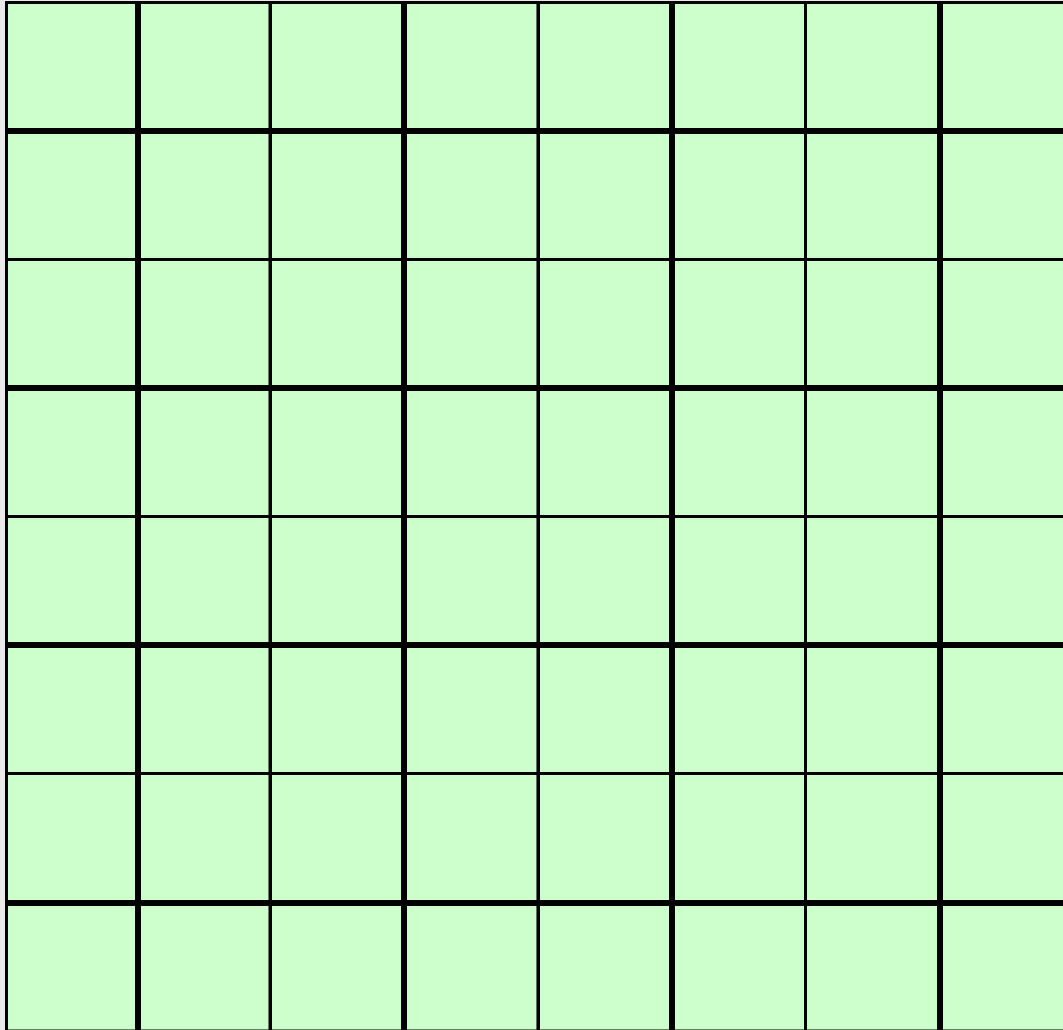


Sąsiedztwo Margolusa – automaty blokowe

1. Stosuje się je w automatach do symulacji spadającego piasku, czy też interakcji cząsteczek gazu.
2. Reguły przejścia opierają się na kwadratowych blokach tworzonych przez cztery sąsiadujące komórki.
3. Stany tych sąsiednich komórek zmieniają się jednocześnie, przy czym komórki przyjmują wartości binarne 1 i 0.
4. W kolejnym kroku reguły są obliczane podobnie, tylko że zmieniają się grupy komórek.
5. Bloki tworzące te grupy przesuwają się o jeden w prawo i w dół.

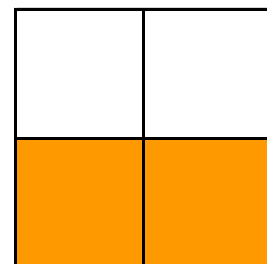
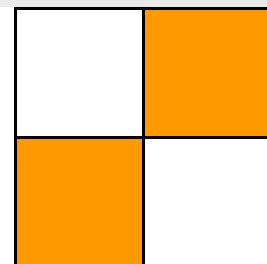
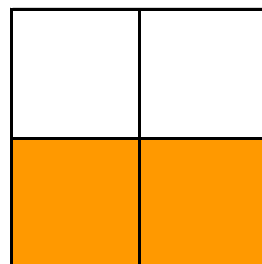
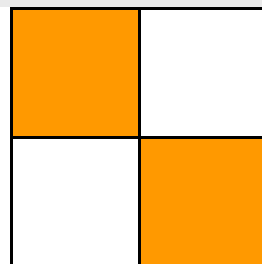
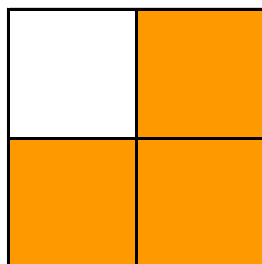
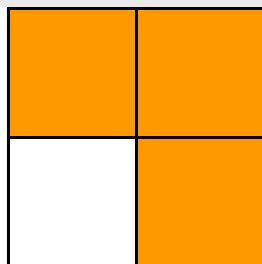
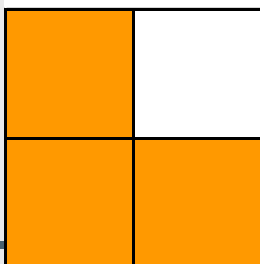
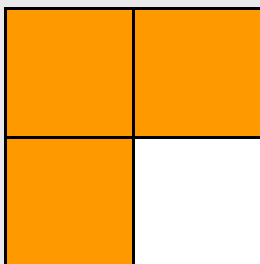
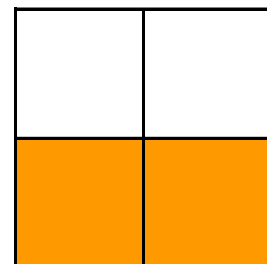
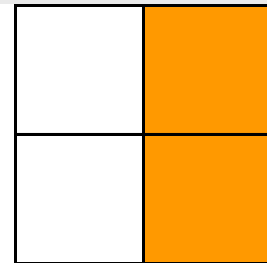
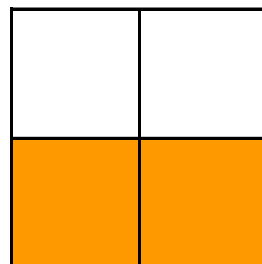
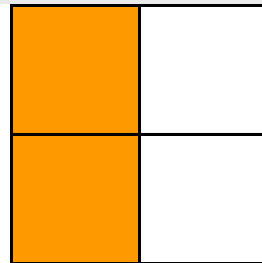
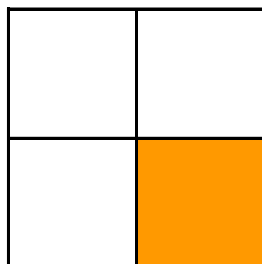
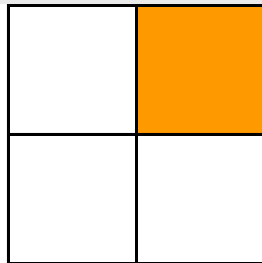
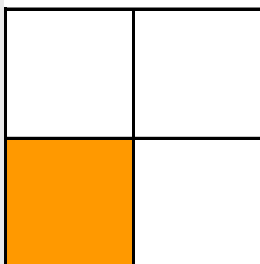
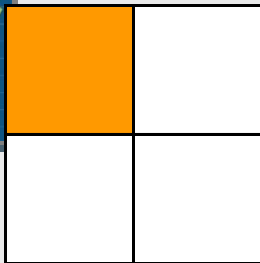


Sąsiedztwo Margolusa – automaty blokowe



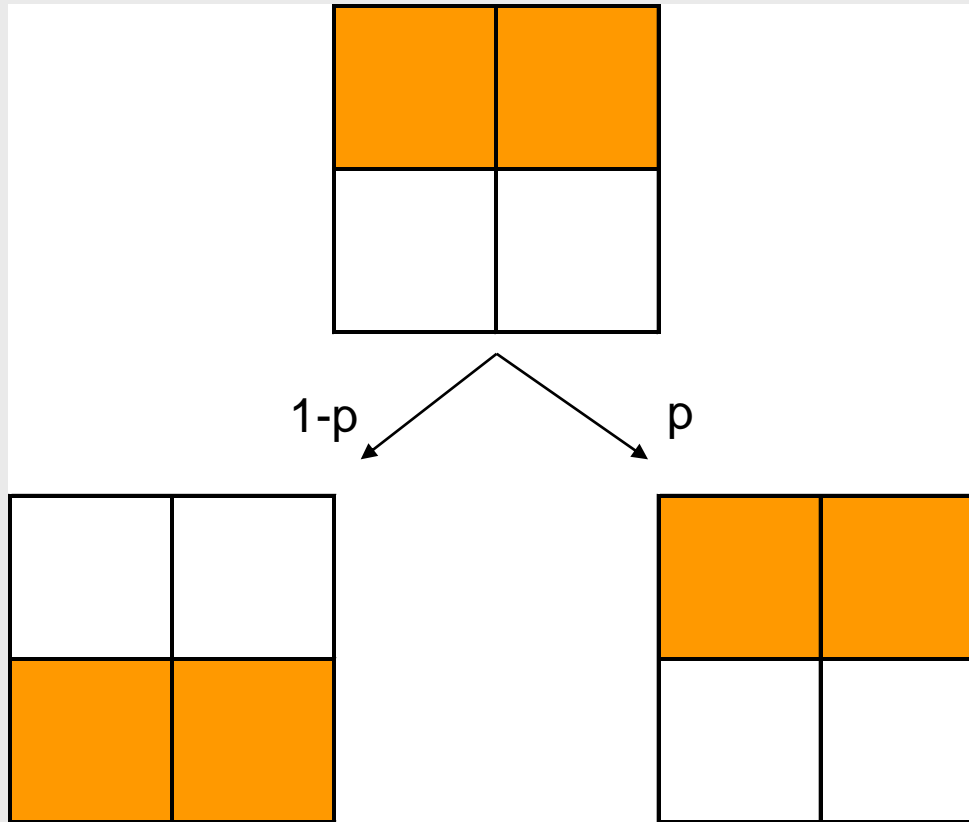
Parzyste kroki czasowe

Nie parzyste kroki czasowe





Sąsiedztwo Margolusa – automaty blokowe



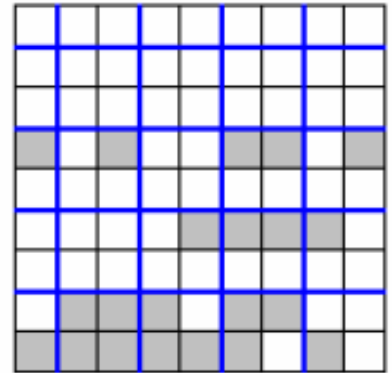
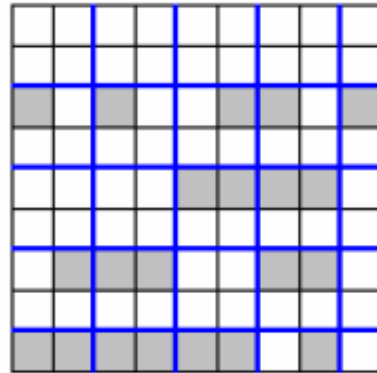
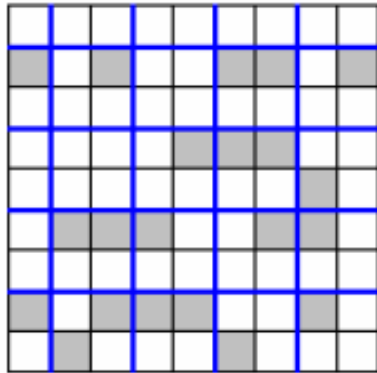
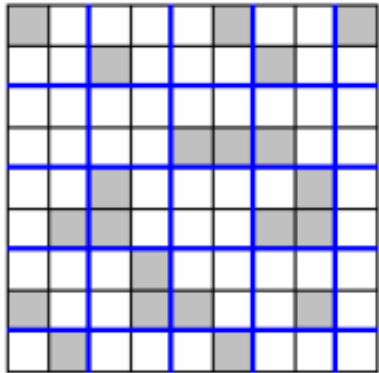
p – prawdopodobieństwo, że dwa ziarna się zablokują
 $1-p$ - prawdopodobieństwo, że dwa ziarna spadną



Sąsiedztwo Margolusa – automaty blokowe



0;4;8;12;4;12;12;13; 8;12;12;14;12;13;14;15





Automaty Komórkowe w Inżynierii Materiałowej