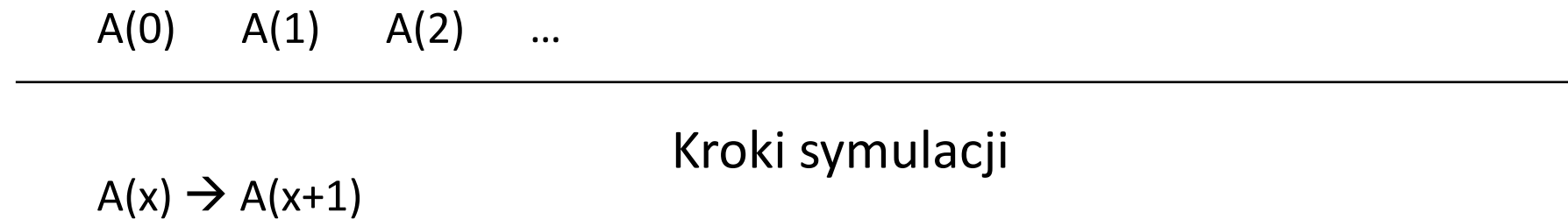


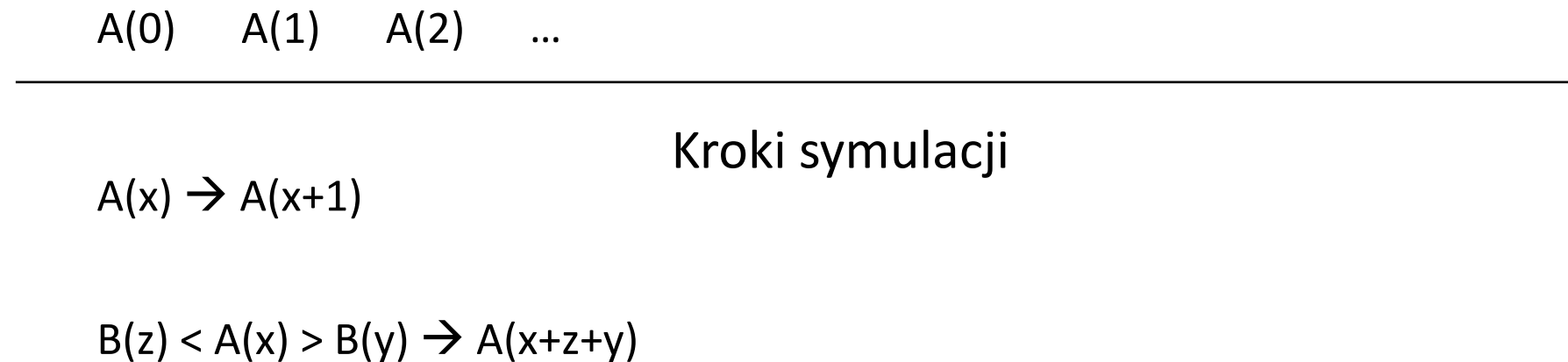
SPB

dr Wojciech Palubicki

Przekaz informacji: L-System



Przekaz informacji: L-System



Symulacja przestrzeni 1D

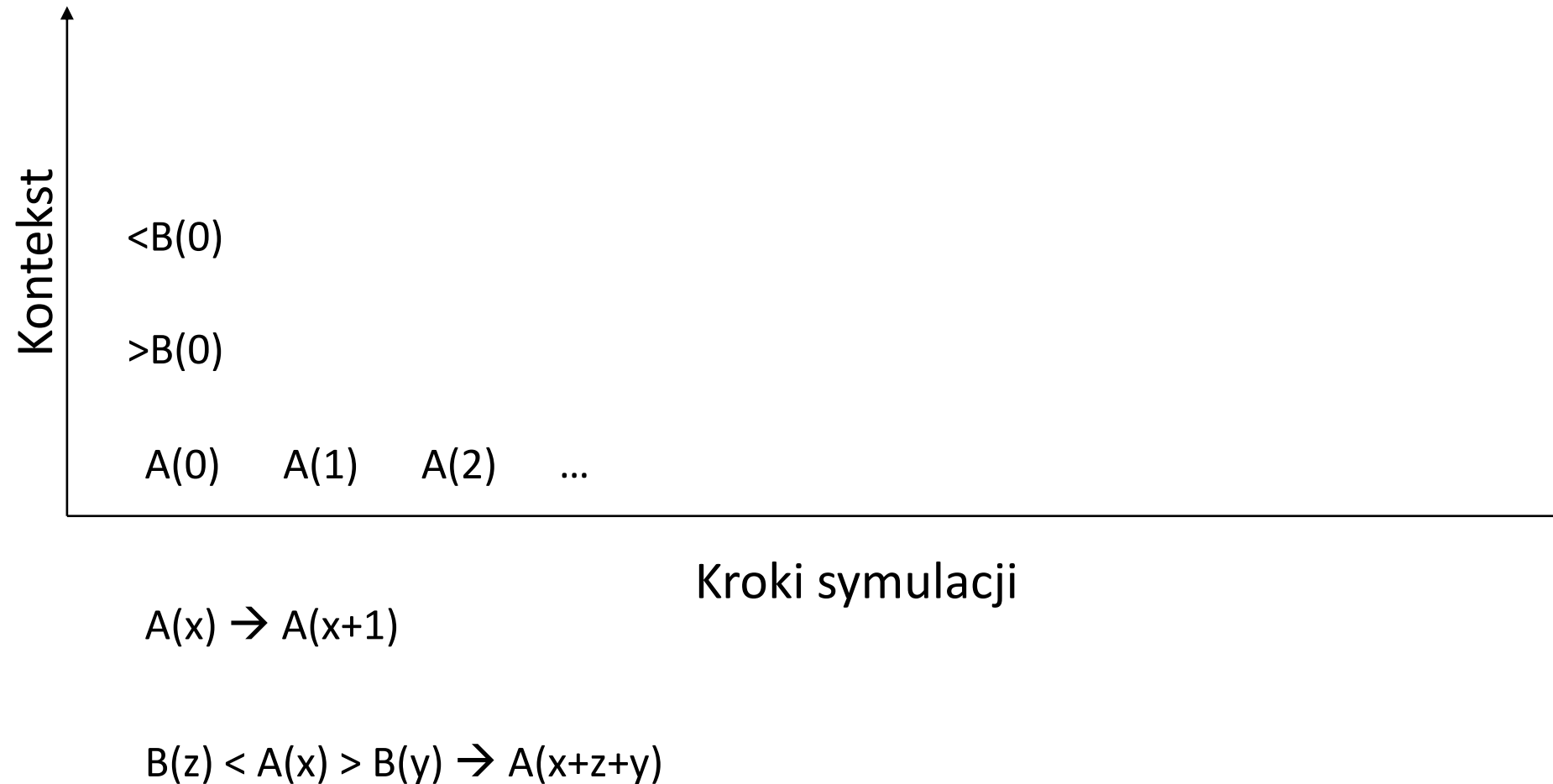


Symulacja przestrzeni 1D

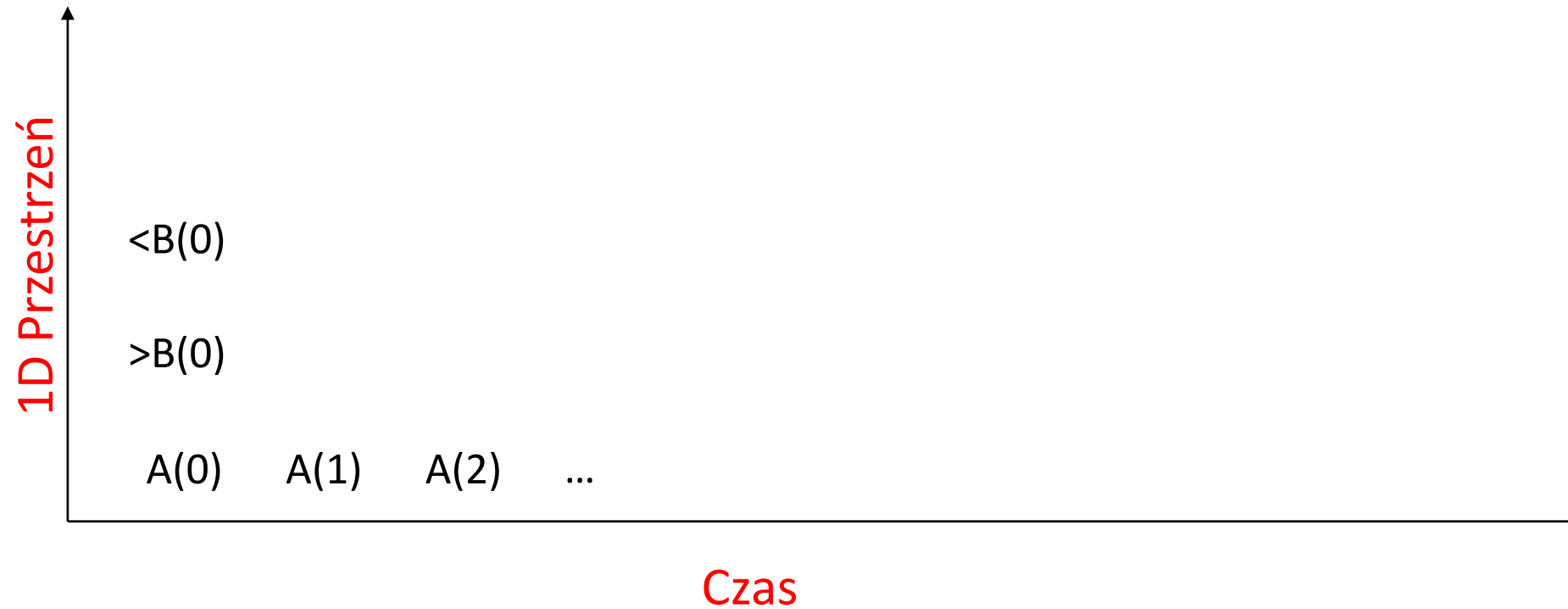


Sąsiedztwo

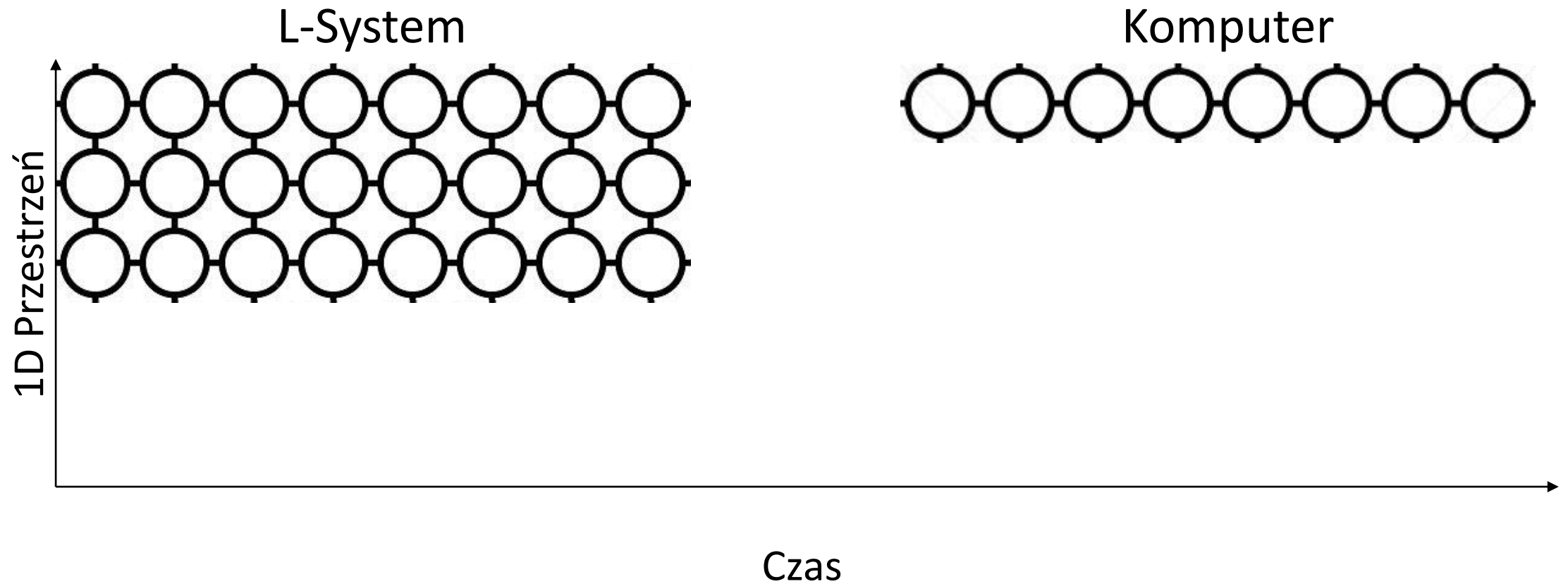
Przekaz informacji: L-System



Przekaz informacji: L-System

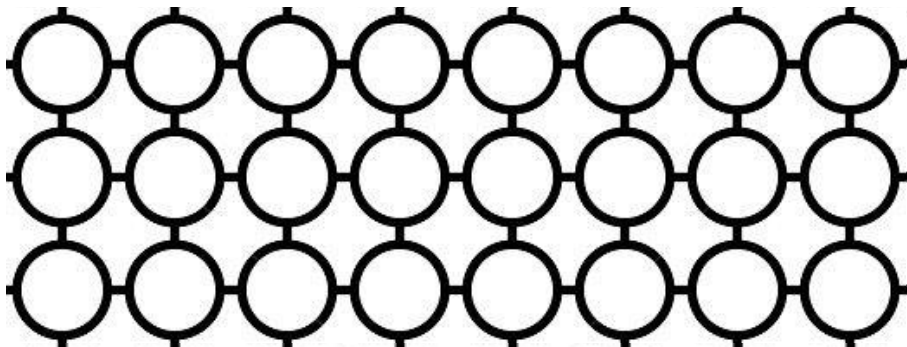


L-System i komputer

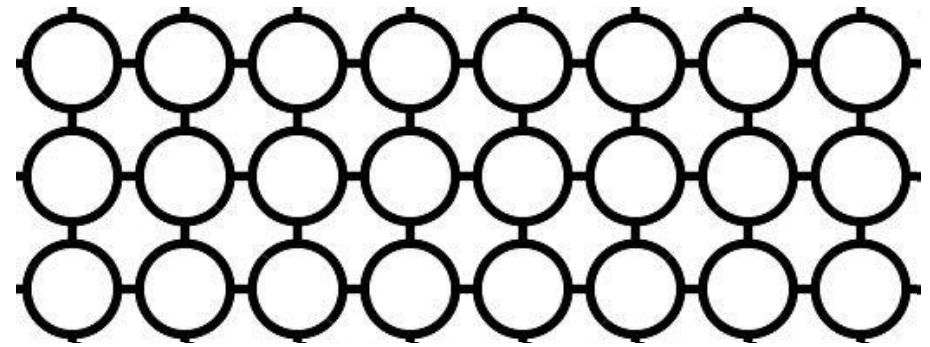


L-System i komputer

L-System

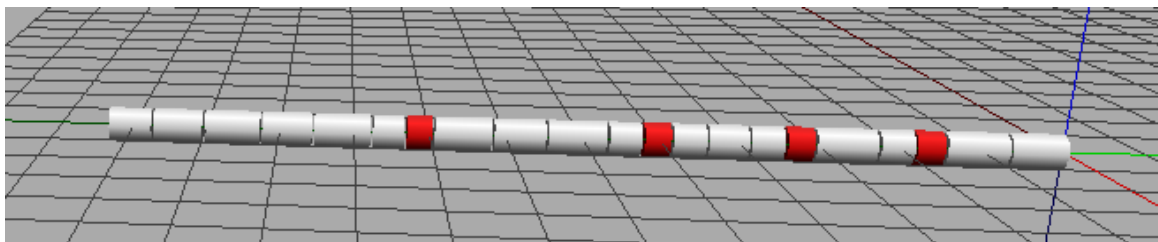


Komputer równoległy

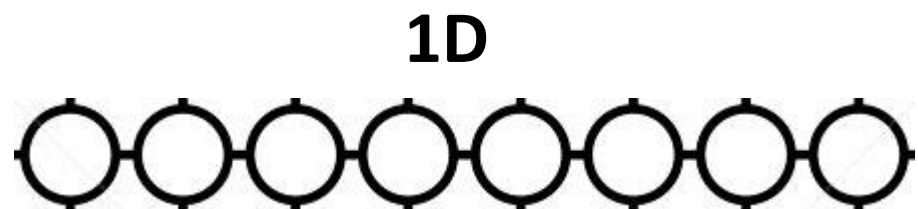


Czas

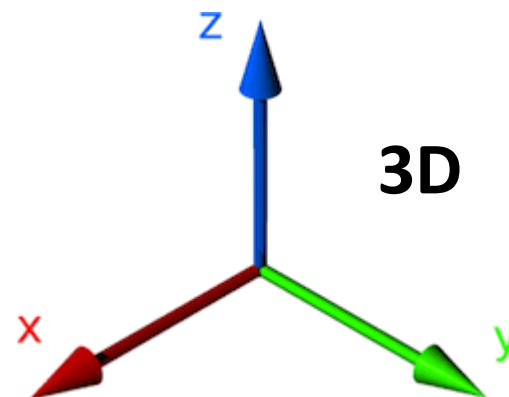
Turtle graphics + system współrzędnych 3D



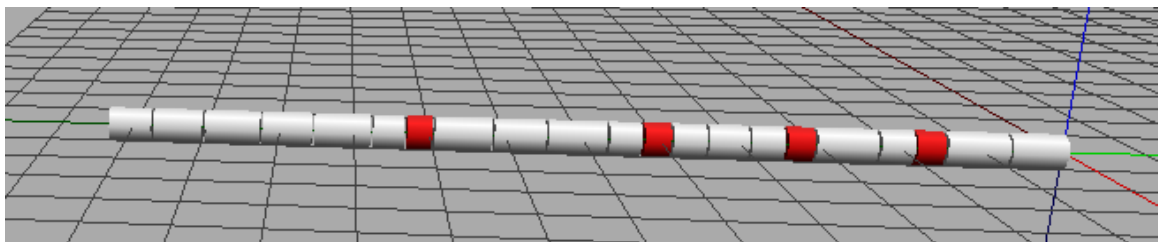
Turtle graphics + system współrzędnych 3D



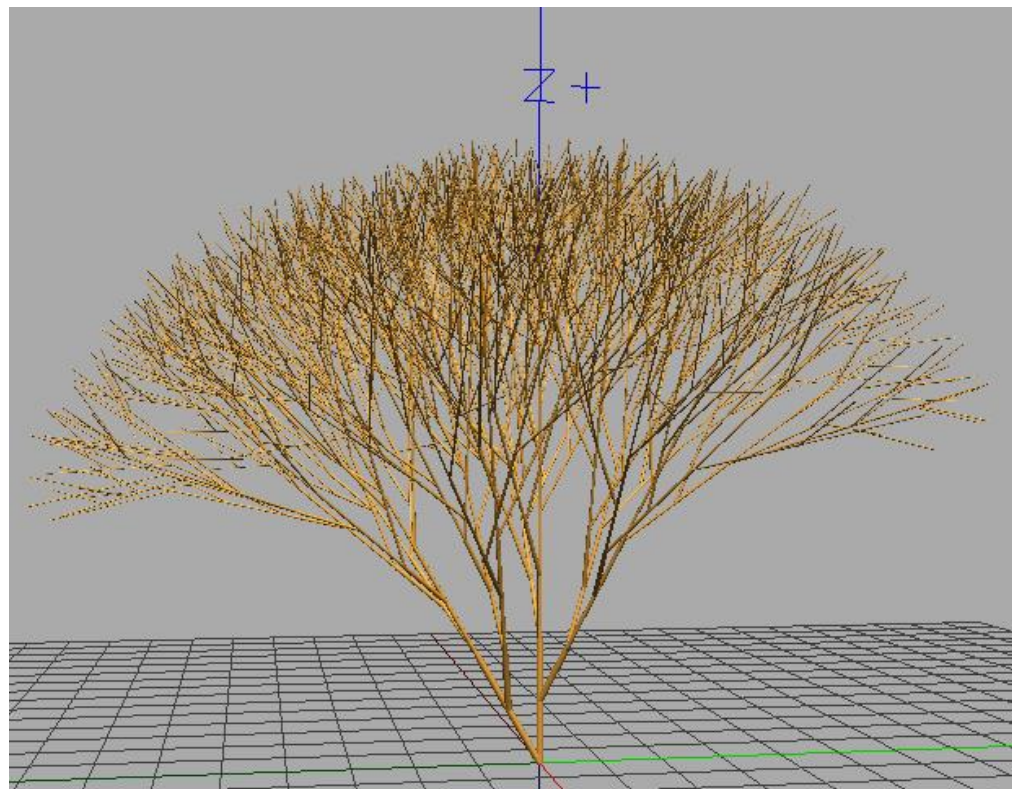
+



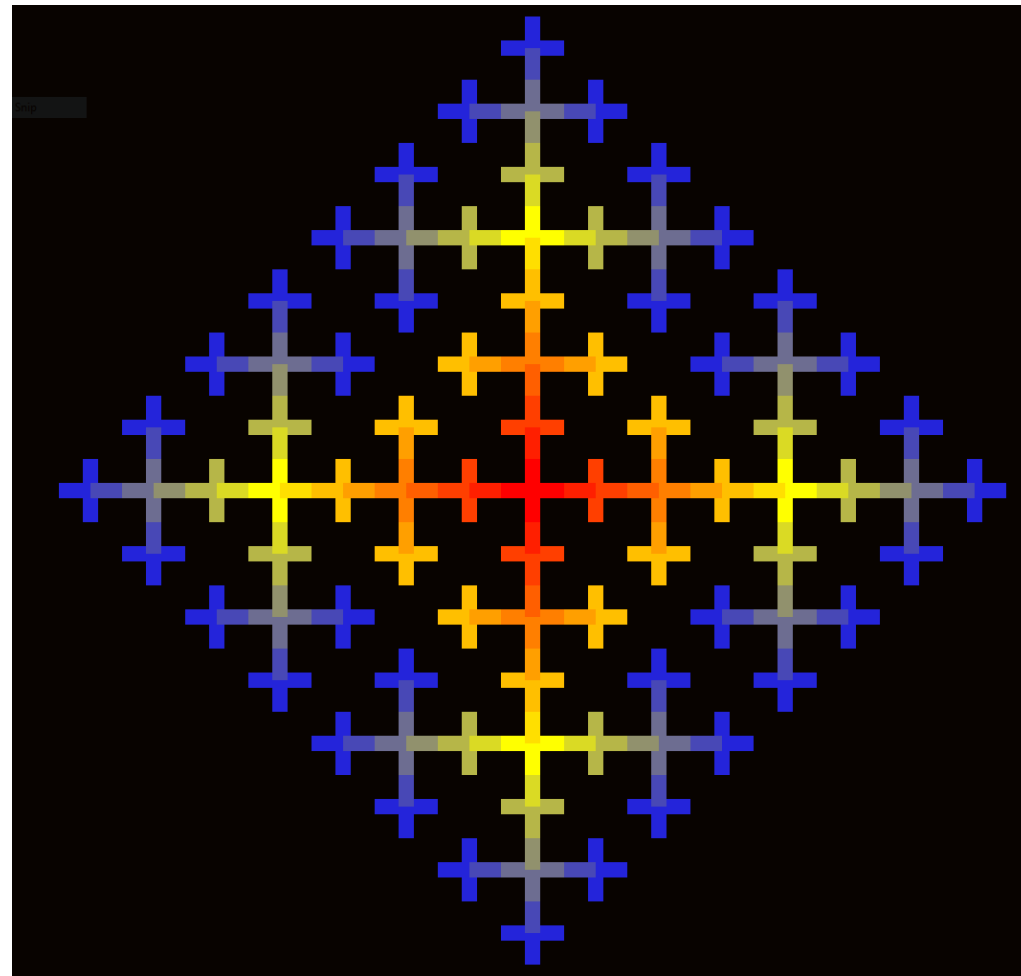
Turtle graphics



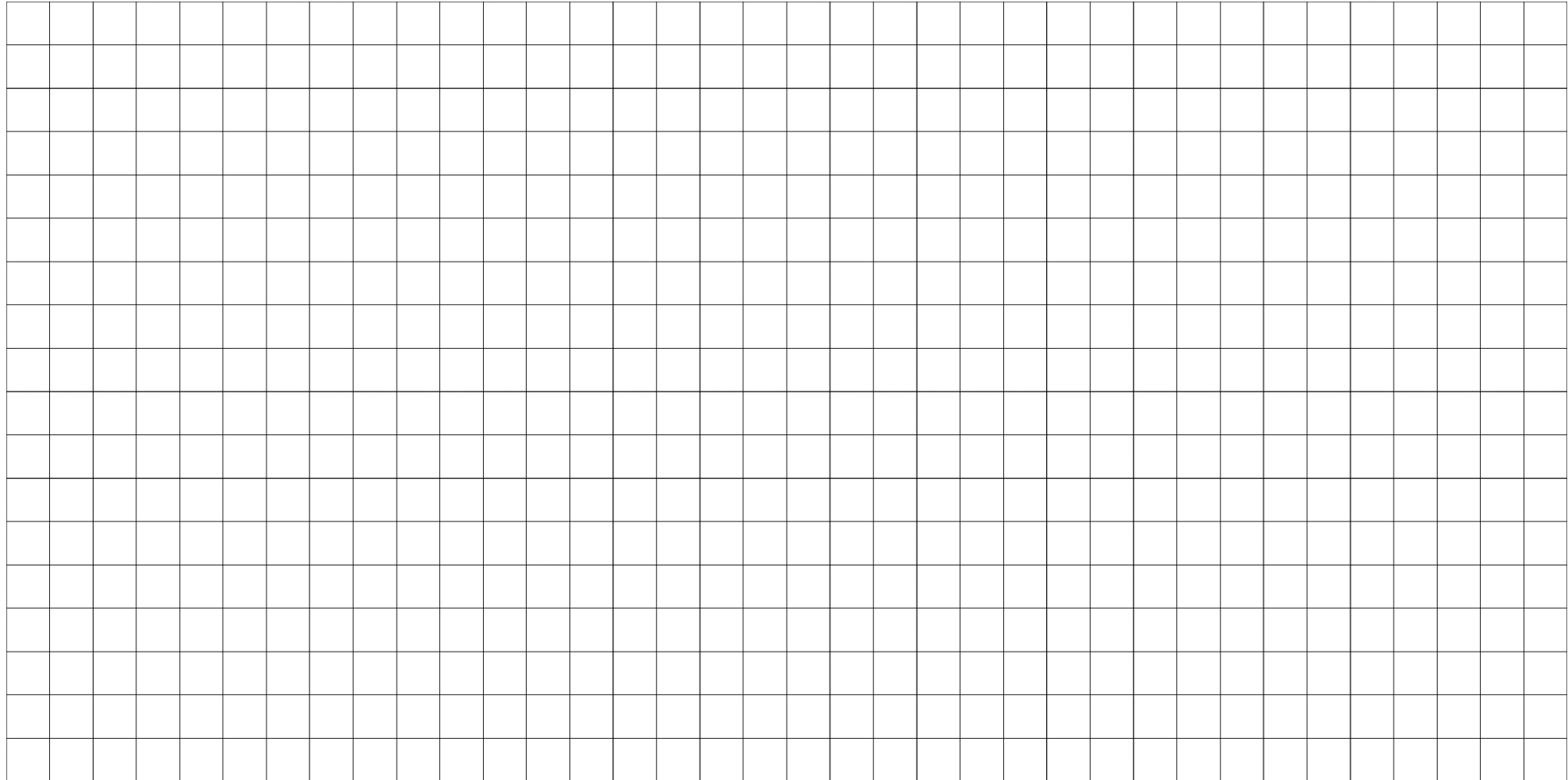
Jak ująć wyższe wymiary przestrzeni w modelu?



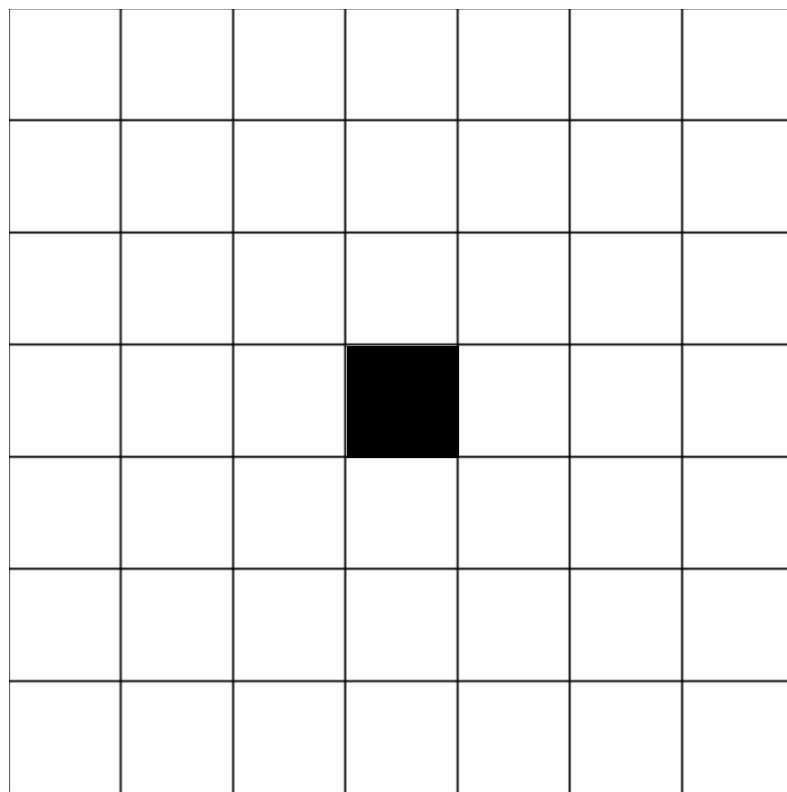
Komórkowy Automat



Dyskretyzacja siatką 2D



Pojedyncze komórki mogą być w różnych stanach

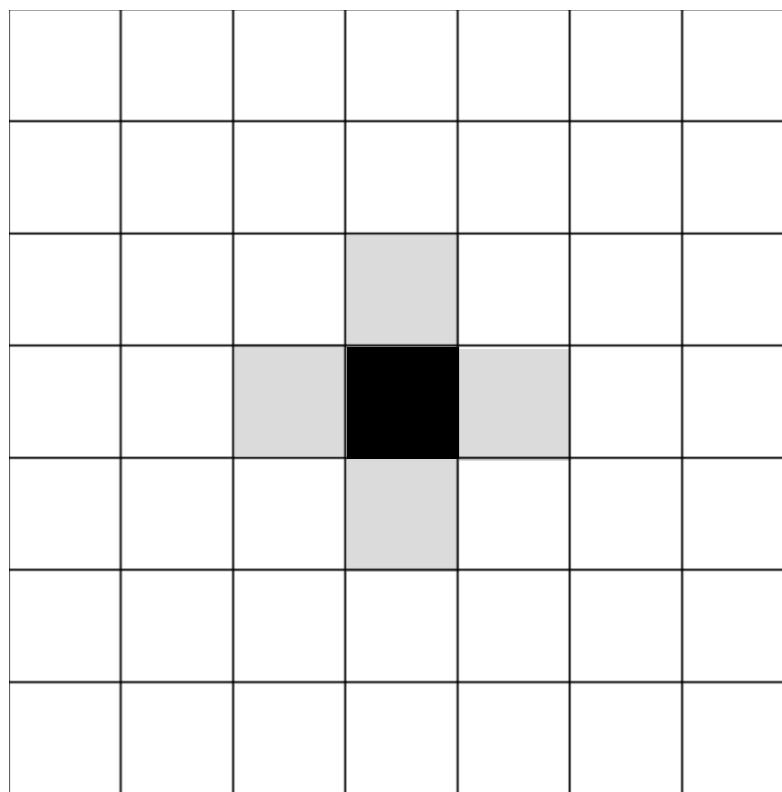


Stan 1

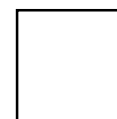


Stan 0

Sąsiedztwo



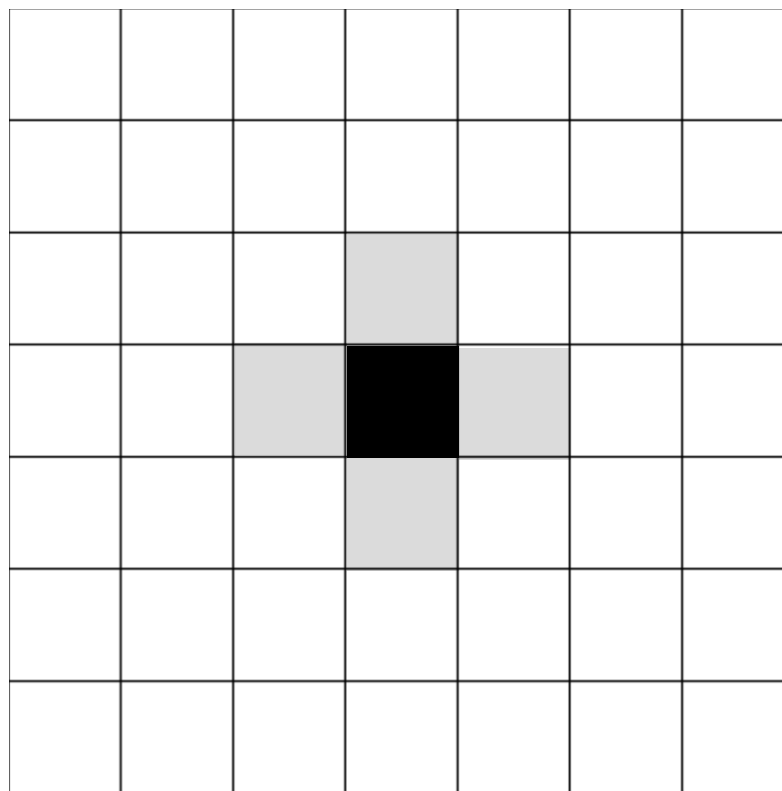
Stan 1



Stan 0

Sąsiedztwo

$\text{stan} = f(\text{stanu sąsiadów})$



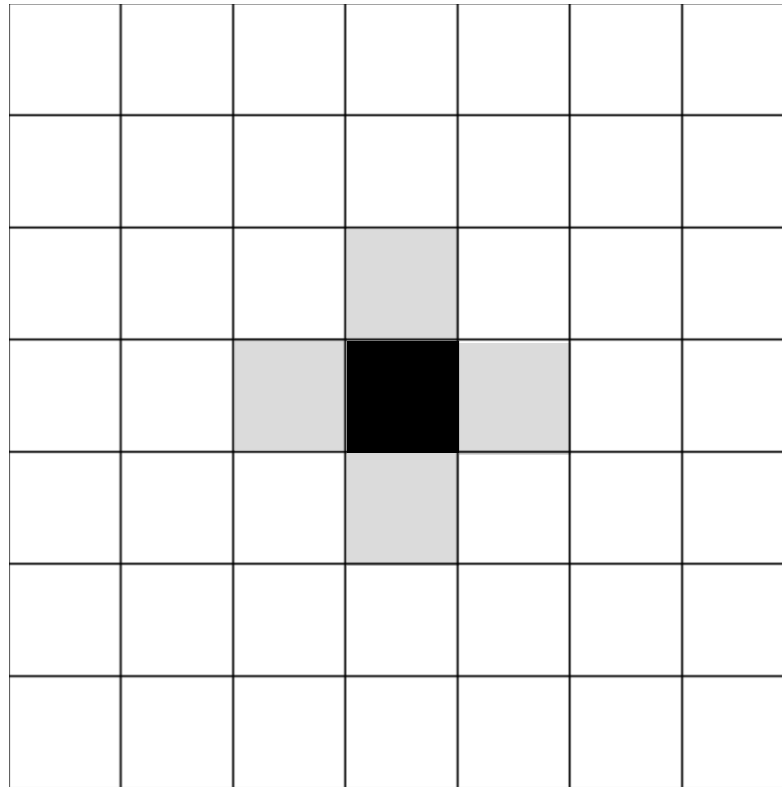
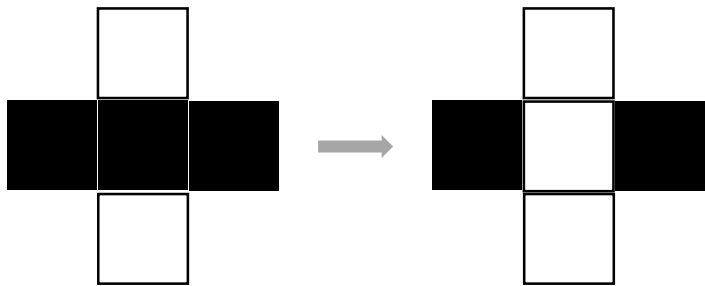
Stan 1



Stan 0

Sąsiedztwo

$\text{stan} = f(\text{stanu sąsiadów})$



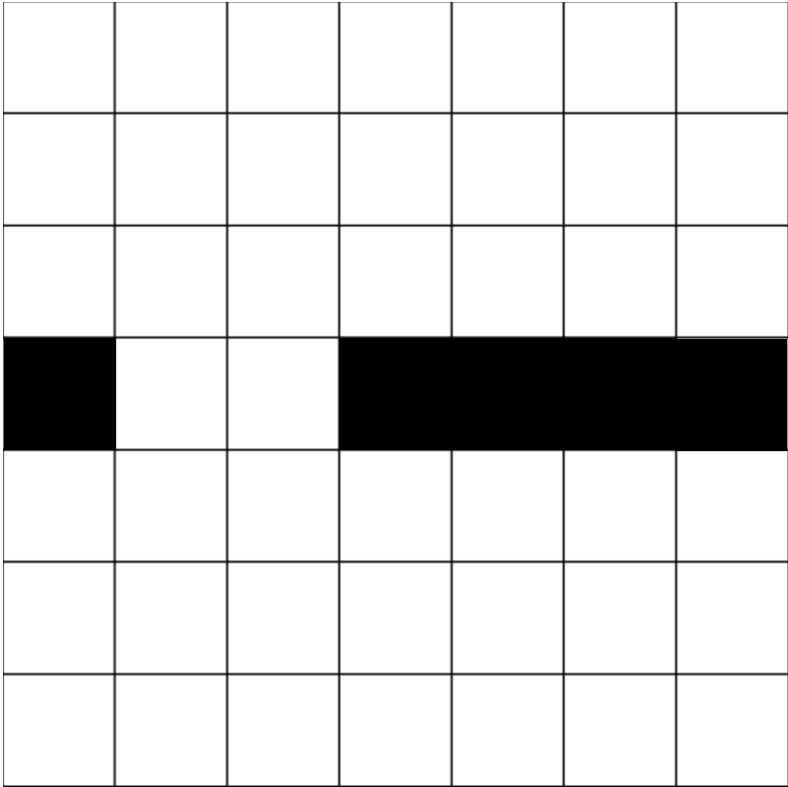
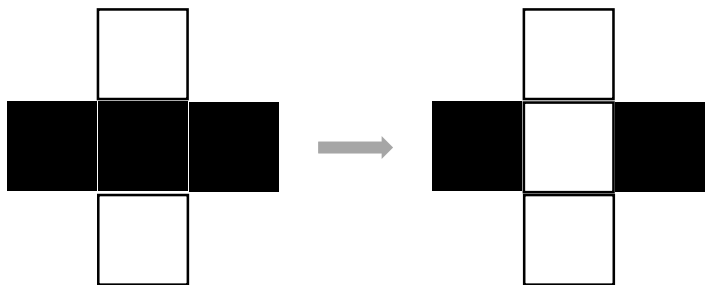
Stan 1



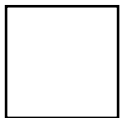
Stan 0

Sąsiedztwo

$stan = f(\text{stanu sąsiadów})$



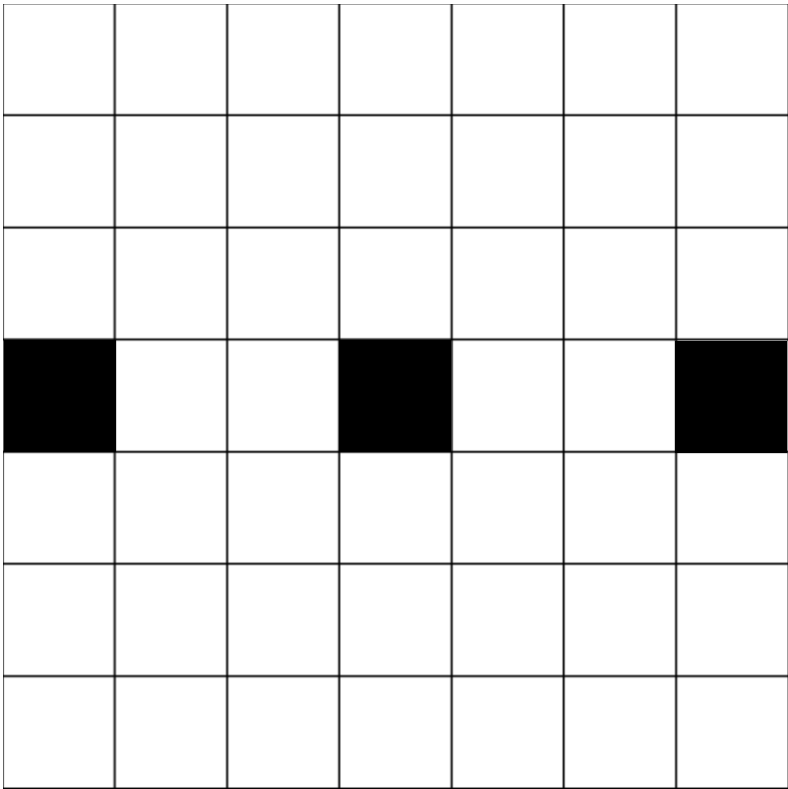
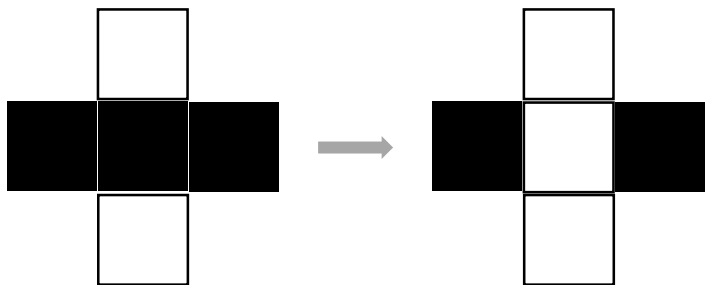
Stan 1



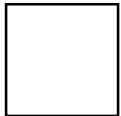
Stan 0

Sąsiedztwo

$stan = f(\text{stanu sąsiadów})$

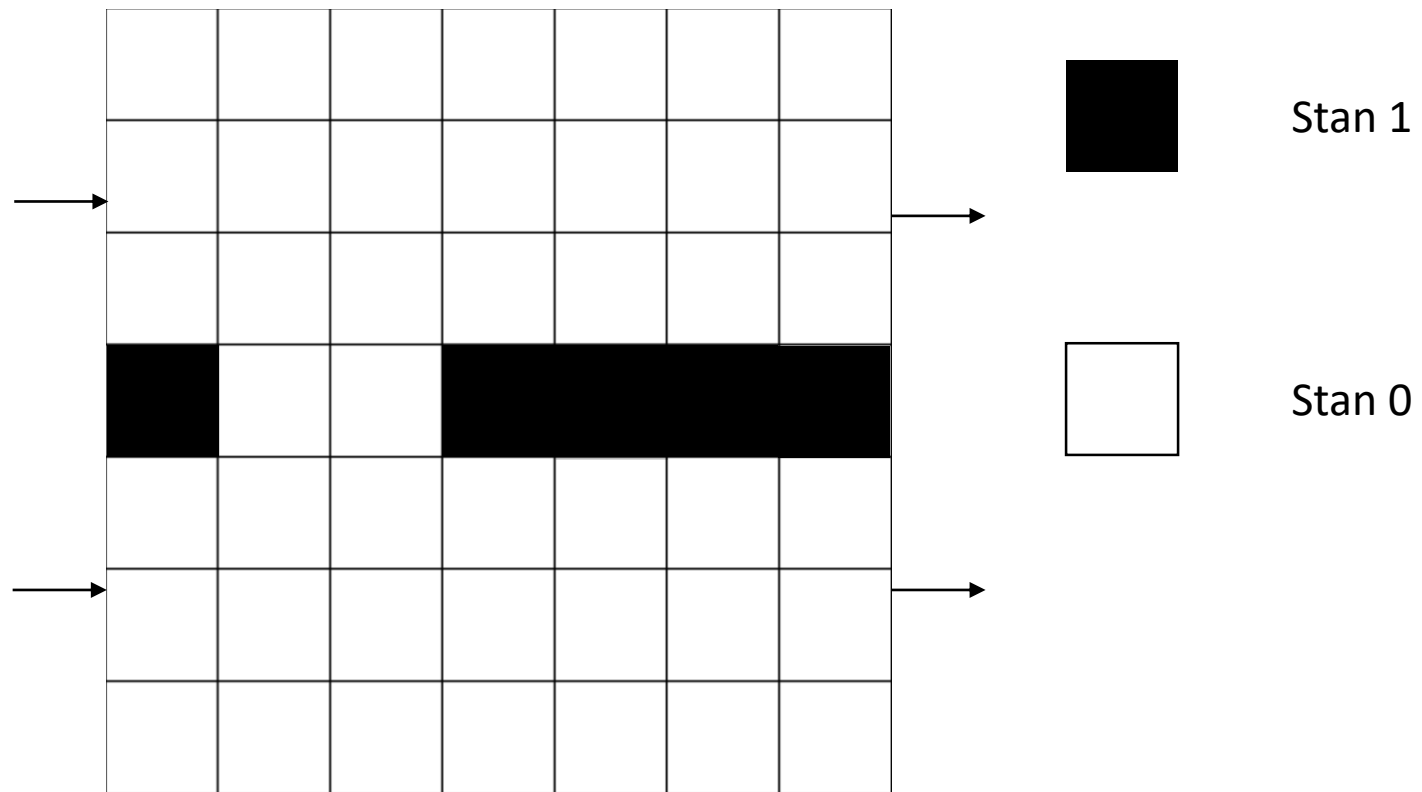


Stan 1

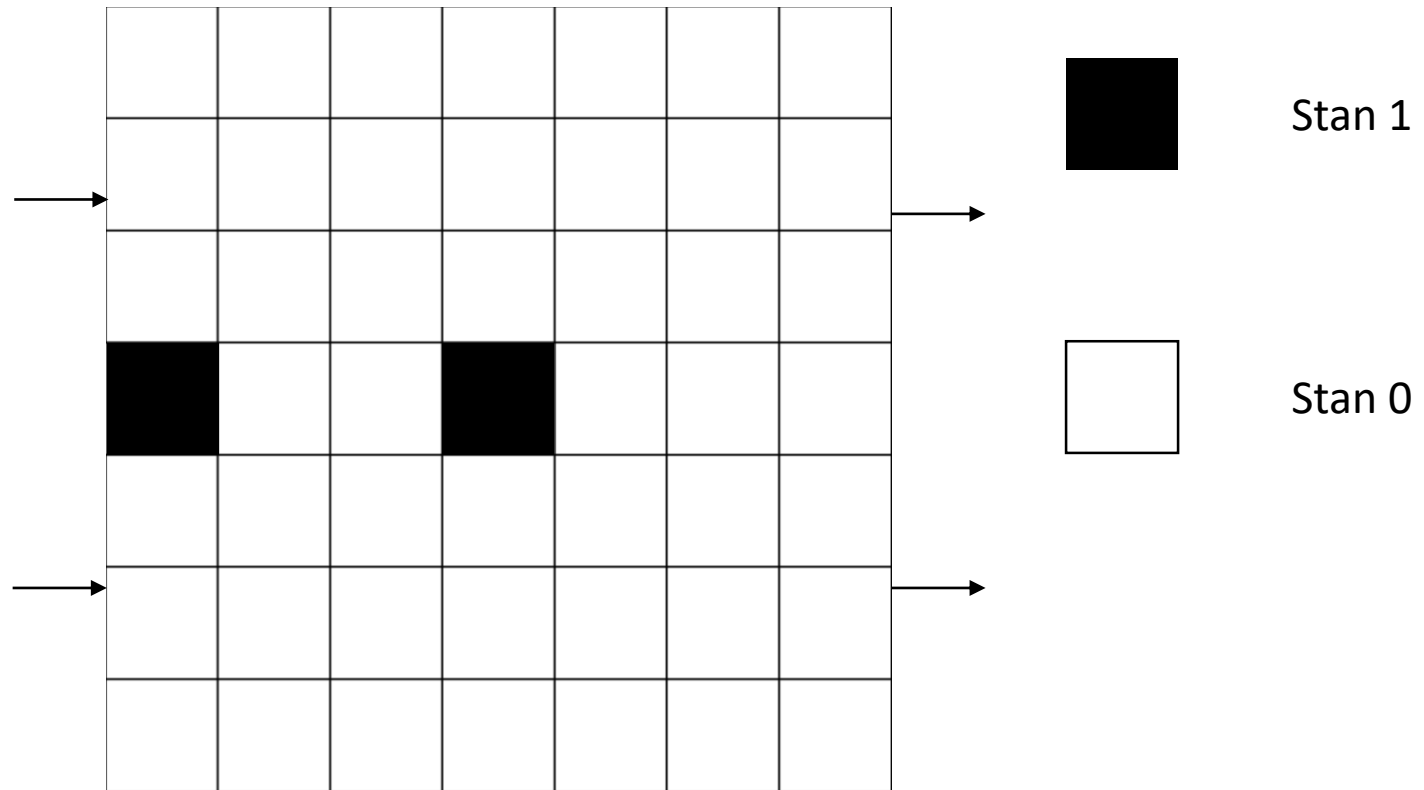


Stan 0

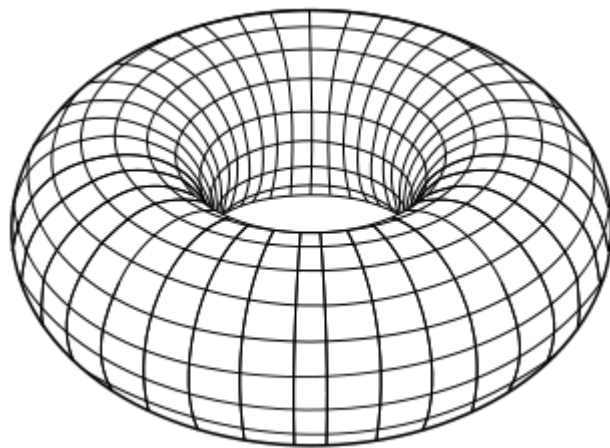
Periodyczne granice siatki



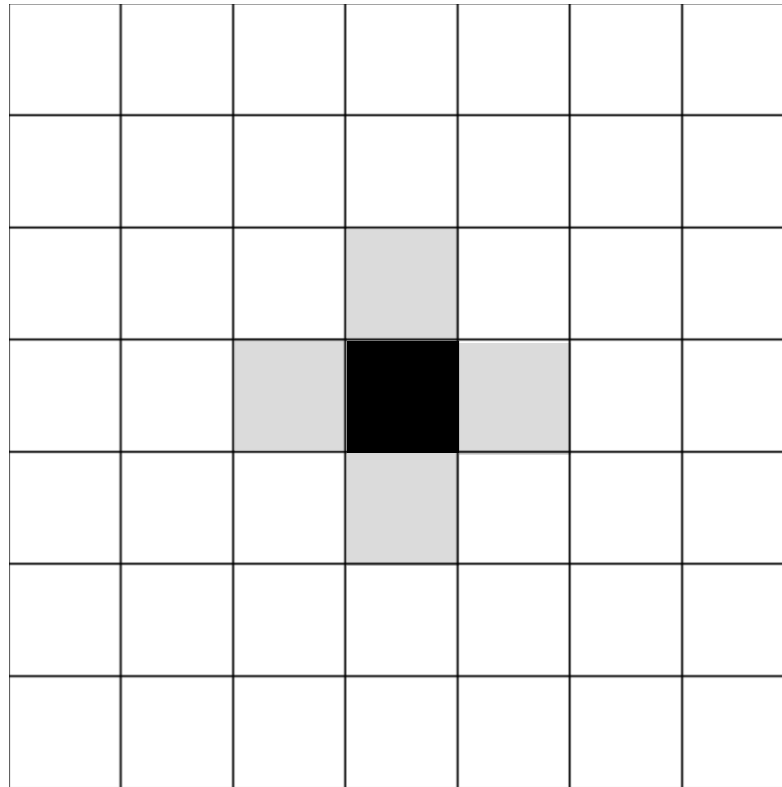
Periodyczne granice siatki



Torus



Sąsiedztwo pierwszego rzędu - von Neumann

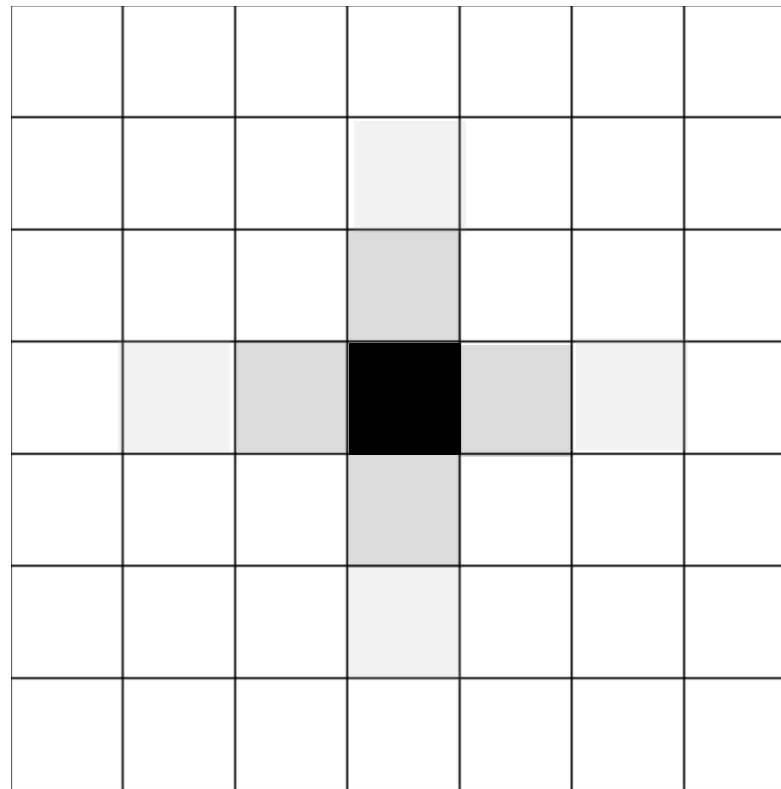


Stan 1



Stan 0

Sąsiedztwo pierwszego rzędu - von Neumann

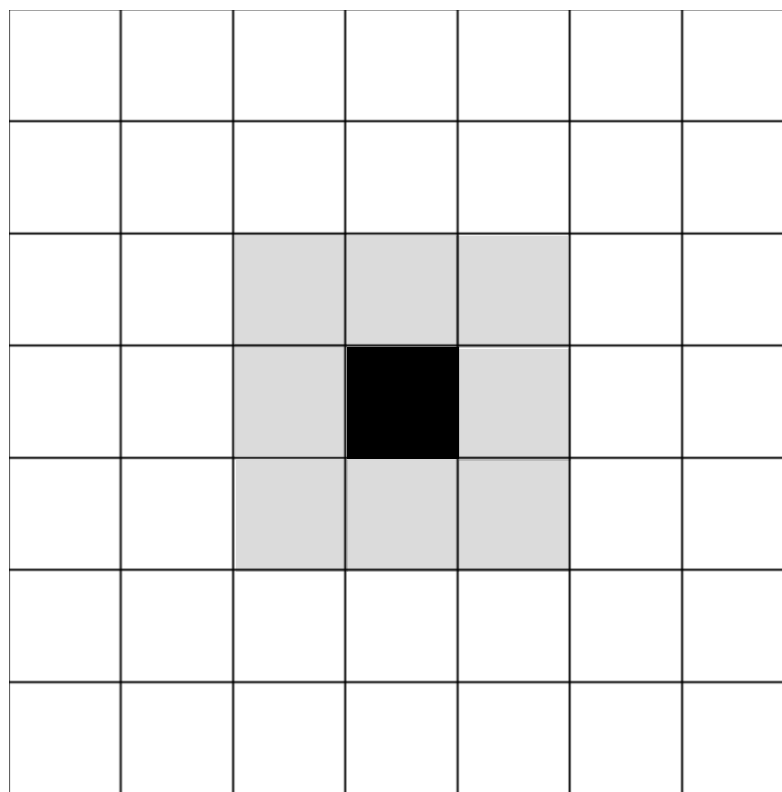


Stan 1

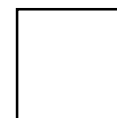


Stan 0

Sąsiedztwo drugiego rzędu - Moore

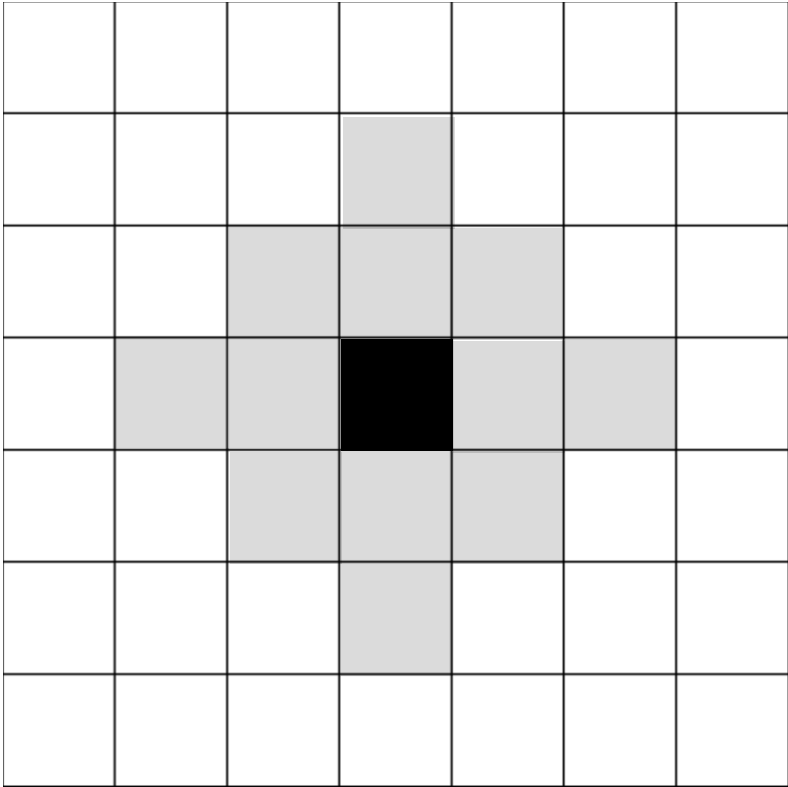


Stan 1



Stan 0

Sąsiedztwo trzeciego rzędu

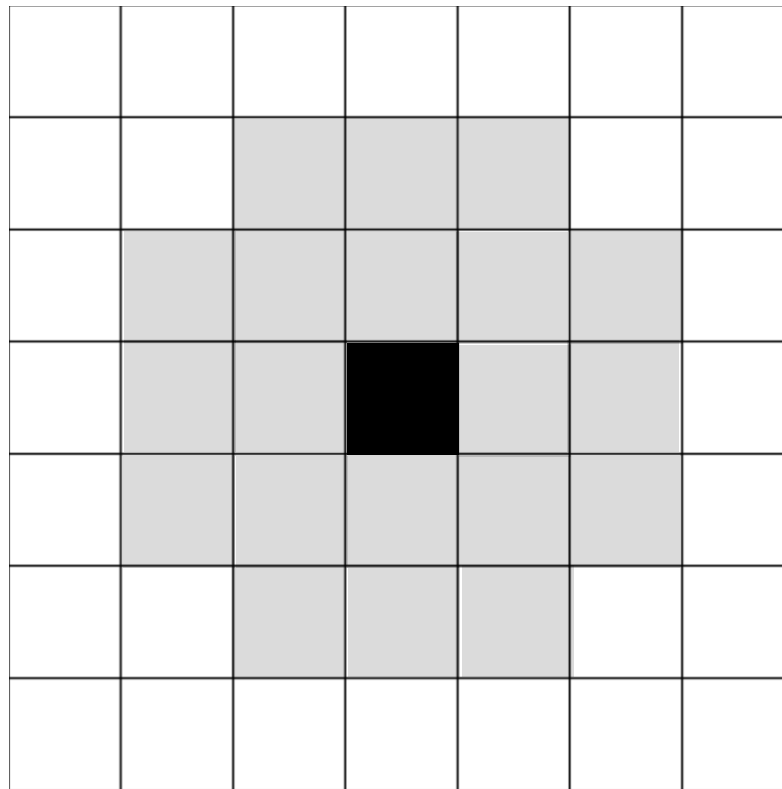


Stan 1



Stan 0

Sąsiedztwo czwartego rzędu

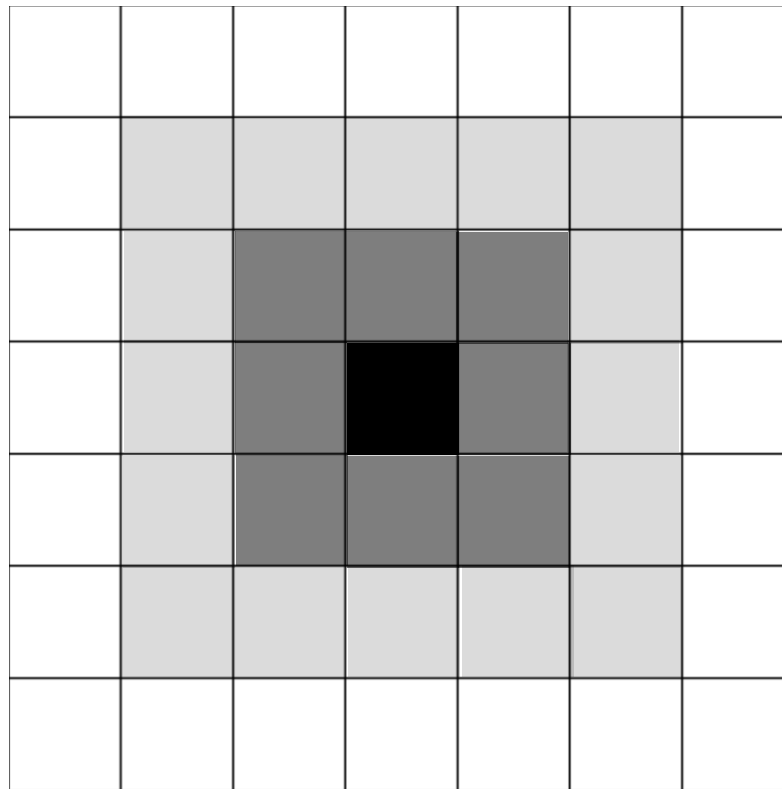


Stan 1



Stan 0

Różne sąsiedztwo



Stan 1



Stan 0

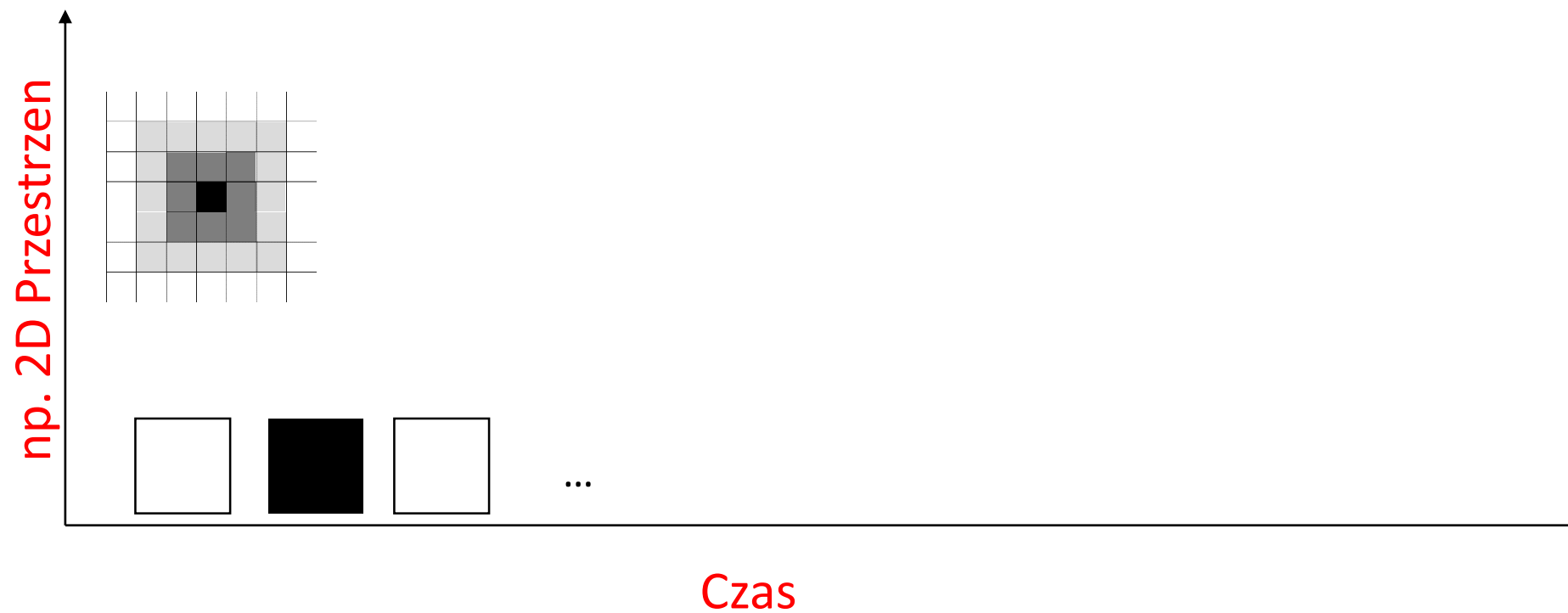
Komórkowe automaty (Cellular Automata)

- **Kolekcja komórek o identycznych wymiarach** które mogą posiadać różne **stany**. Zmiana stanu komórki jest dana przez **funkcje sąsiedztwa** i zbioru możliwych stanów.

KA – przekaz informacji



KA – przekaz informacji



Komórkowe automaty formalnie

- Ważna komponenta komórkowego automatu (KA) to **graf spójny** łączący komórki jest to typowo n -wymiarowa siatka Γ
- Każda komórka jakiegoś KA może być w kilku możliwych stanów. **Zbiór stanów, Q** , jakiegoś KA jest zbiorem wszystkich możliwych stanów
- Para (Γ, Q) jest nazywana **przestrzeń komórkowa (cell space)** danego KA

Komórkowe automaty formalnie

- **Konfiguracja, x** , danego KA jest odwzorowywanie od grafu to zbioru stanów, która przypisuje jakiś stan zbioru stanów Q dla każdego wierzchołka grafu Γ , tzn.
 - $x: \Gamma \rightarrow Q$
 - $x(i) = q$, gdzie $i \in \Gamma$ i $q \in Q$
- Konfiguracje danego KA opisuje stanu na globalnym poziomie

Komórkowe automaty formalnie

- Obliczenia danego KA są procesem lokalnym. Następny stan komórki zależy od obecnego stanu, i stanów sąsiadów.
- Musimy więc wyrazić pomysł **sąsiedztwa komórkowego** za pomocy funkcji **N**. Na przykład zależnie od „odległości”.
- **Dynamika lokalna** (funkcja przejścia) danej komórki, nazywana, δ , jest funkcją która dostaje jako parametry wejściowe stan komórki i jej sąsiadów i oblicza następny stan komórki.
- Na przykład w 1D:
 - $\delta(x_{i-1}, x_i, x_{i+1}) = x'_i$

Komórkowe automaty formalnie

- Formalnie, Komórkowy Automat to kwadrupeł **M** = (Γ, Q, N, δ) , gdzie:
 - Γ – graf spójny
 - Q – zbiór stanów
 - N – sąsiedztwo (np. Moore)
 - δ – lokalna dynamika

Historia automatów komórkowych



Stanisław Ulam

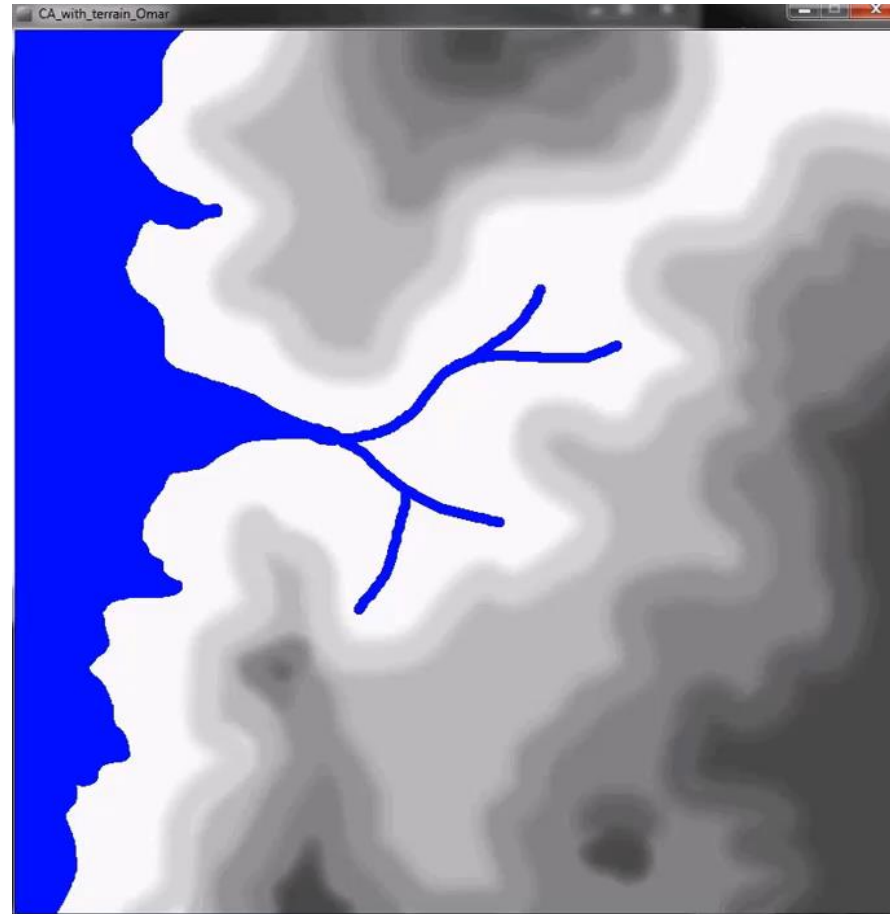


John von Neumann

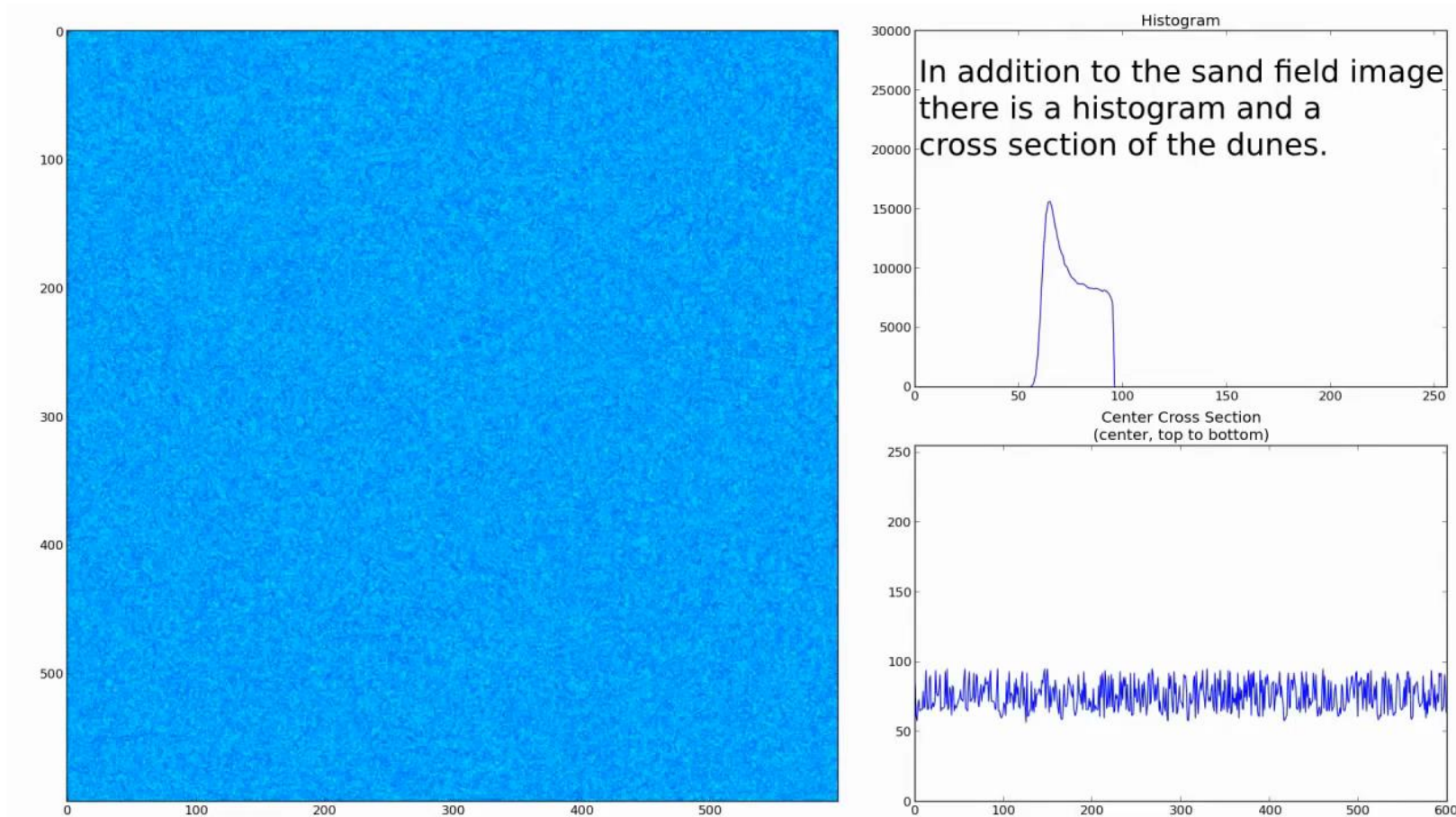
Komórkowe automaty (Cellular Automata)

- Prototyp prostego lokalnego przetwarzania informacji umożliwiającego opisywania złożonych wzorców
 - Eksperymentalna matematyka, sztuczna fizyka/życie (Ulam)
 - Sztuczne życie (von Neumann, Langton)
 - Narzędzie modelowania (symulacje przyrodnicze, modelowanie społeczne, ruch samochodowy, etc.)

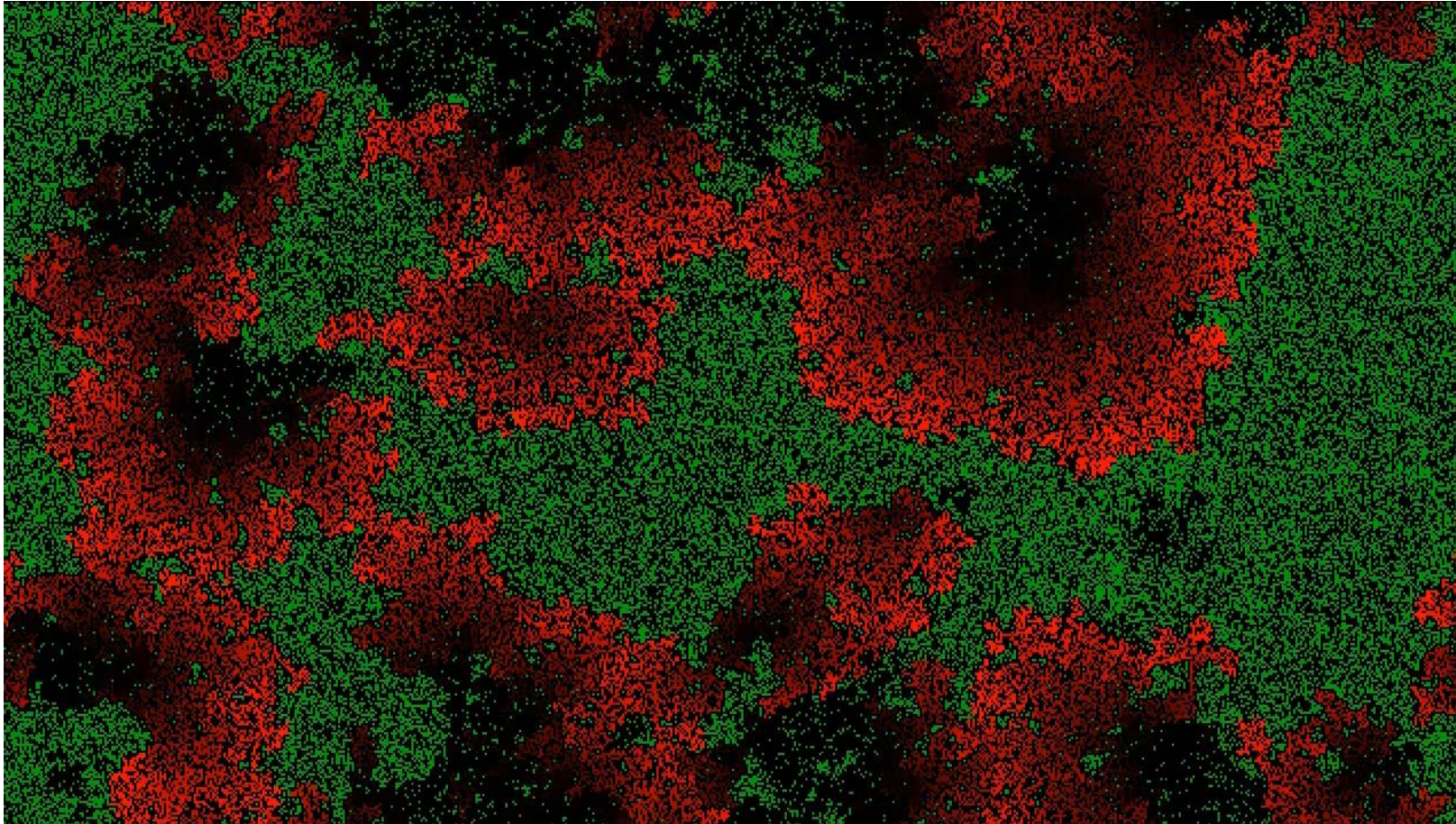
Model urbanistyczny



Model przemieszczania się piasku



Model ognisk leśnych

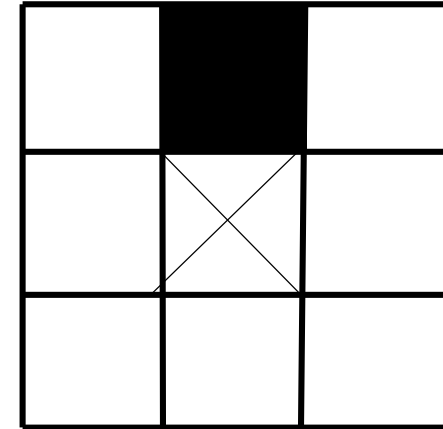


Przykład: Gra Życia (Game of Life)



John Conway

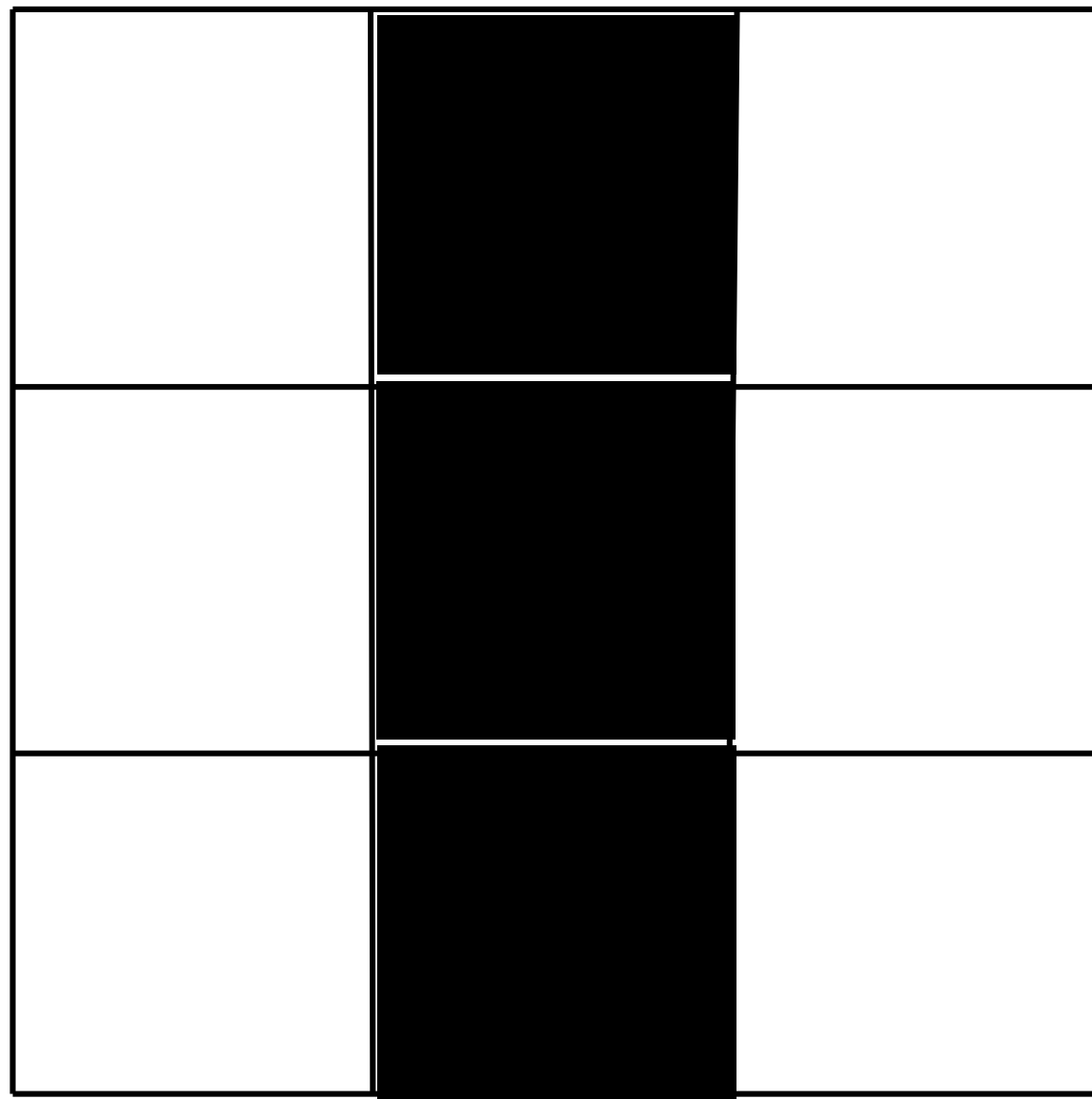
Gra Życia



- Dwa stany:
 - 1 → żywa
 - 0 → martwa
- Każda żywa komórka która ma **mniej niż dwóch żywych** sąsiadów staje się martwa
- Każda żywa komórka która ma **więcej niż 3 żywych** sąsiadów umiera
- Każda żywa komórka która ma **2 lub 3 żywych** sąsiadów pozostaje żywa
- Każda martwa komórka która ma **dokładnie 3 żywych** sąsiadów staje się żywa

Przykład

Przykład



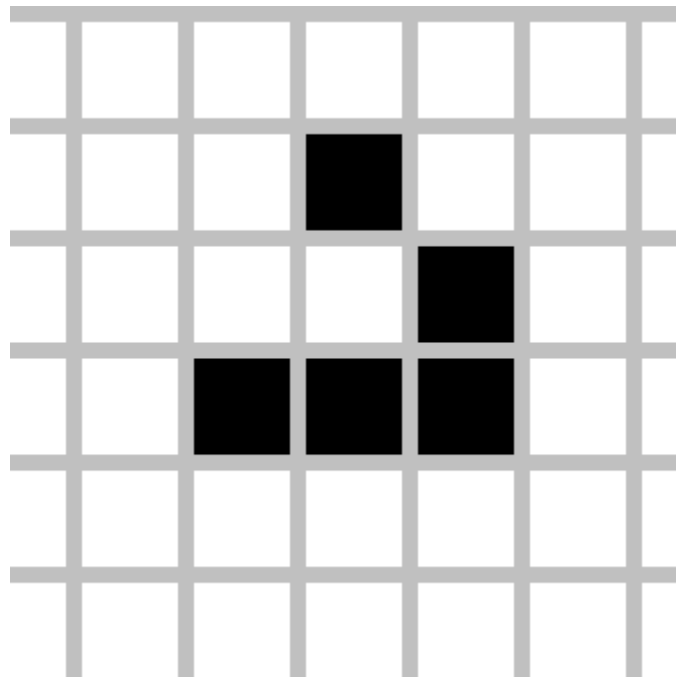
Przykład

Przykład

Przykład

Przykład

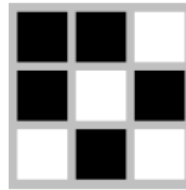
Glider



Podstawowe wzorce



Block



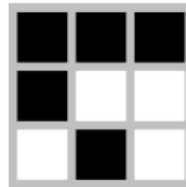
Boat



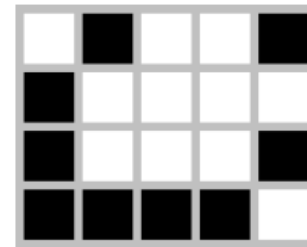
Blinker



Toad



Glider



Lightweight
spaceship

Uniwersalny komputer

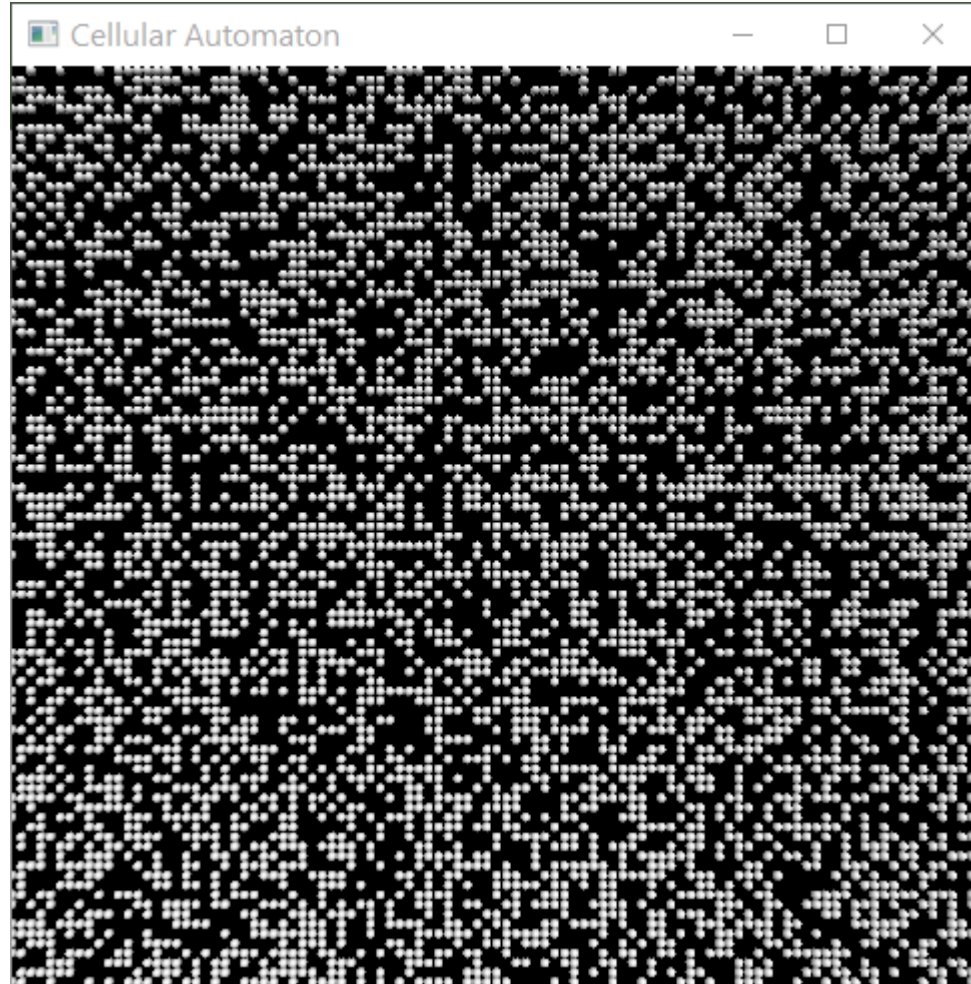
- Prosty uniwersum zdolny do obliczeń (kompletność Turinga)
- Jakie wzorce są stabilne? Jakie chaotyczne?



Opinion Dynamics

- Jak zamodelować dynamikę opinii ludzi
 - np. Dla jakiej partii politycznej zagłosować?

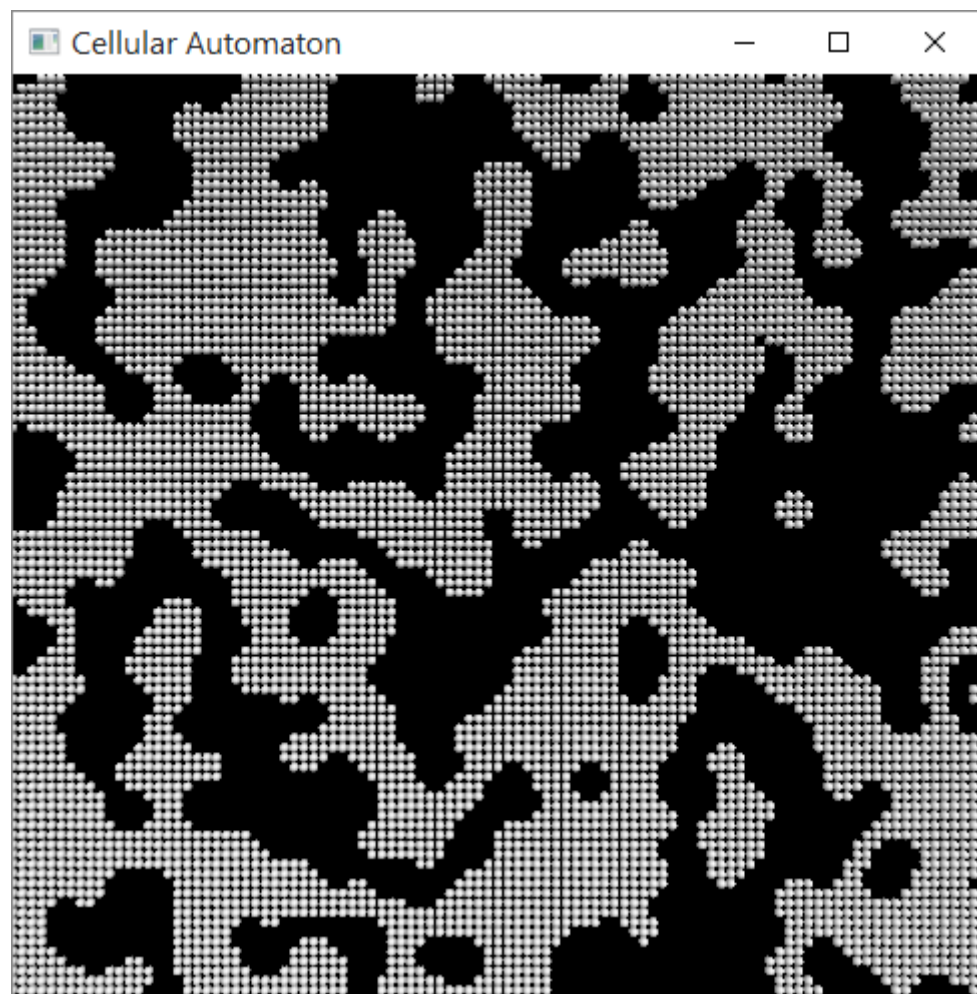
Opinion Dynamics



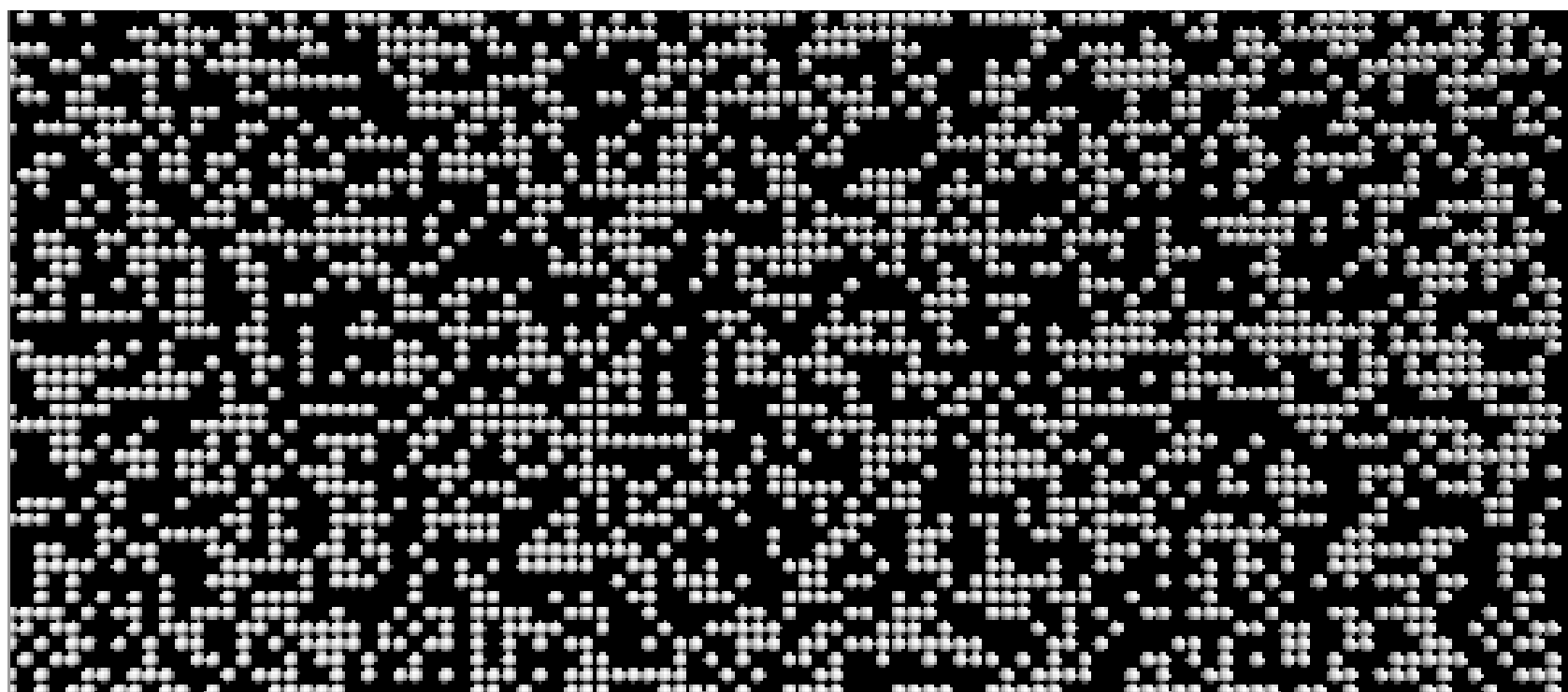
Biały: Za
Czarny: Przeciw

Majority vote

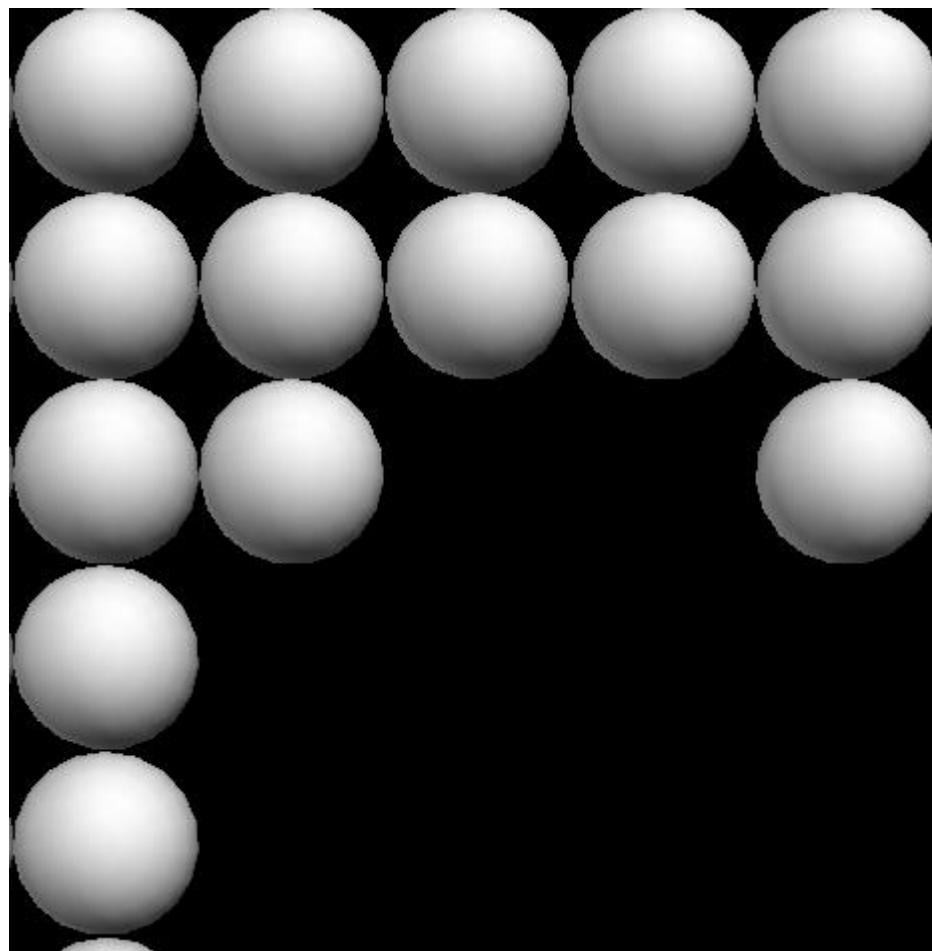
- Siatka ma być periodyczna
- Każda komórka przyjmuje stan taki jaki jest większości jej sąsiadów
- Gdy sumy opinii sąsiadów są równe to komórki nie zmieniają stanu
- Jaki wzorzec powstanie?



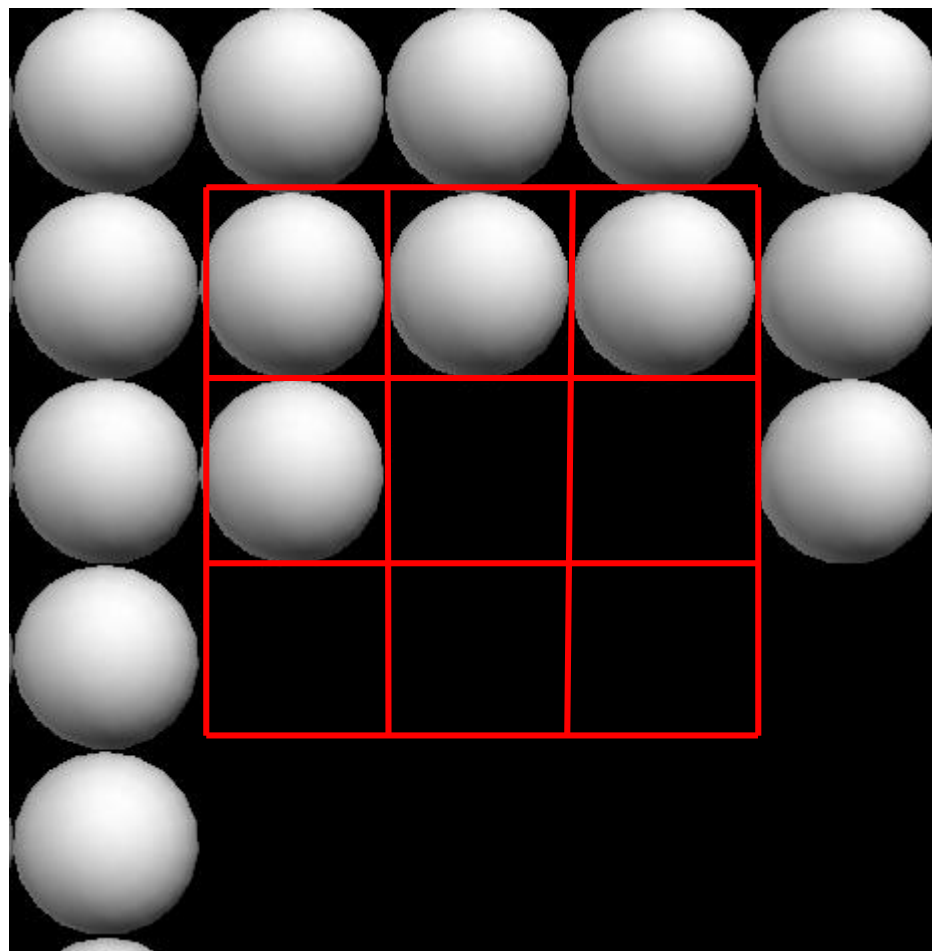




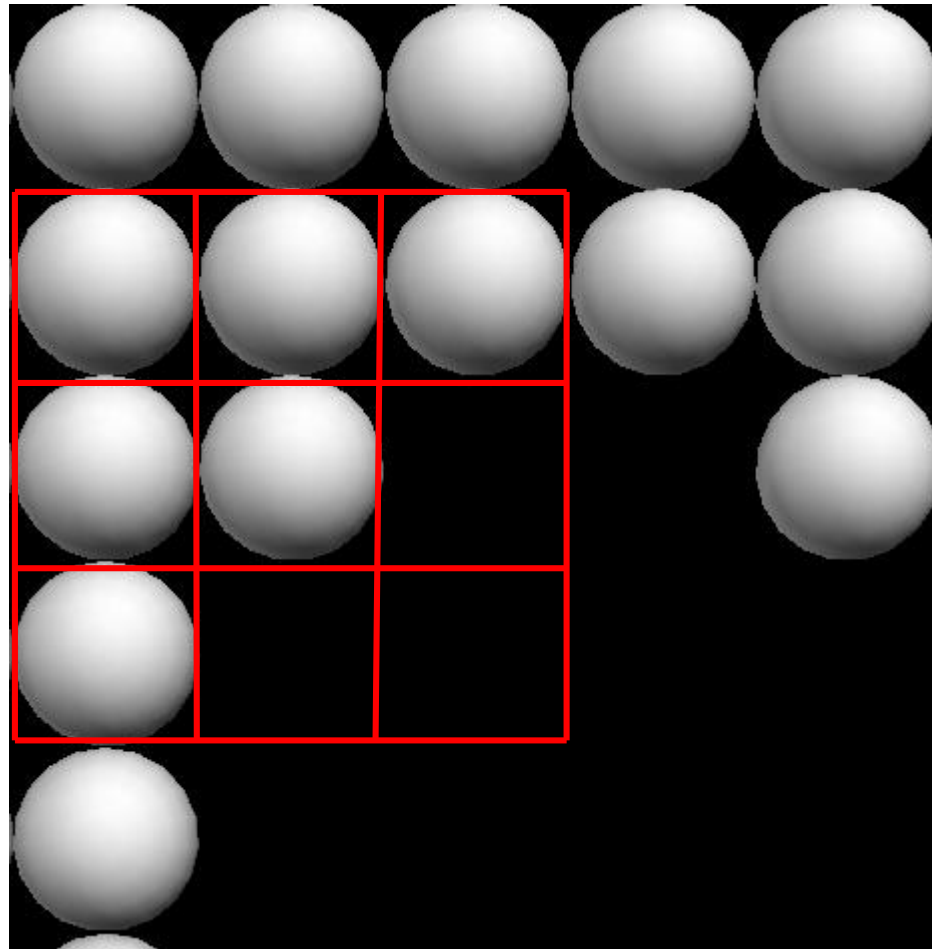
Stabilna konfiguracija



Stabilna konfiguracija



Stabilna konfiguracija



Opinion Dynamics CA Model

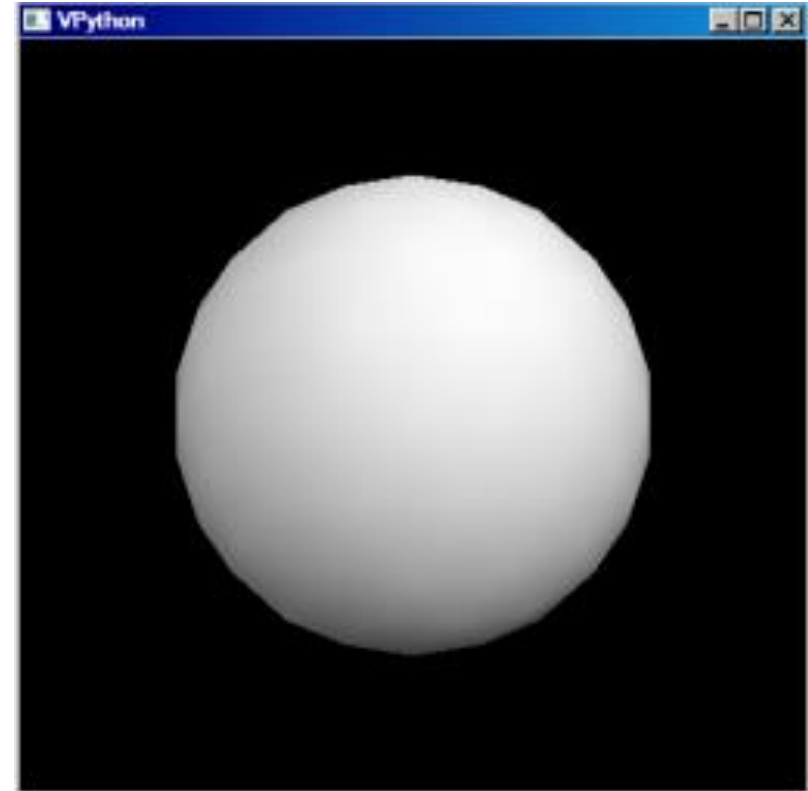
- Wytwarzanie porządku
- Nie łatwo przewidzieć wzorca globalnego
- Narzędzie stosowane skutecznie w modelowaniu społecznym

VPython

- Moduł do pythona stworzony do interaktywnego modelowania
- Bardzo łatwy do nauczenia

Pierwszy krok

- Uruchomić VIDLE
- `from visual import *`
- `sphere()`
- F5



Zmiana atrybutów kuli

- Kolor
 - `sphere(color=color.red)`

Zmiana atrybutów kuli

- Kolor
 - `sphere(color=color.red)`
- Radius
 - `sphere(radius=0.5,color=color.red)`

Zmiana atrybutów kuli

- Kolor
 - `sphere(color=color.red)`
- Radius
 - `sphere(radius=0.5,color=color.red)`
- Nazwa
 - `kula = sphere(radius=0.5,color=color.red)`

Zmiana atrybutów kuli

- Kolor
 - `sphere(color=color.red)`
- Radius
 - `sphere(radius=0.5,color=color.red)`
- Nazwa
 - `kula = sphere(radius=0.5,color=color.red)`
- Pozycja
 - `kula = sphere(pos=(0,2,0),radius=0.5,color=color.red)`

Zmiana atrybutów kuli

- Kolor
 - `sphere(color=color.red)`
- Radius
 - `sphere(radius=0.5,color=color.red)`
- Nazwa
 - `kula = sphere(radius=0.5,color=color.red)`
- Pozycja
 - `kula = sphere(pos=(0,2,0),radius=0.5,color=color.red)`
- Zmiana pozycji
 - `kula.pos = (1,2,3)`

Nawigacja

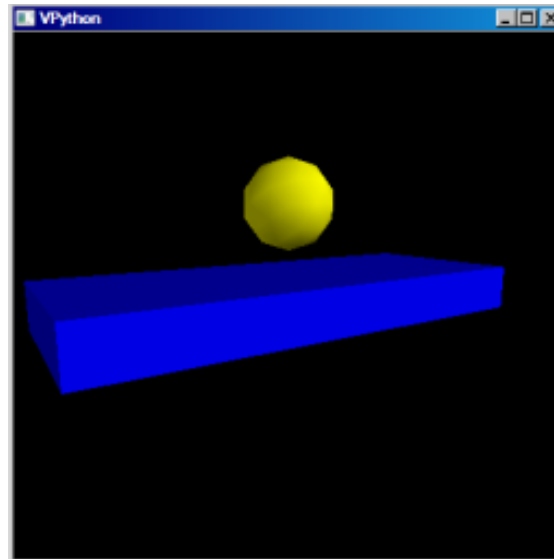
- Zoom
 - Trzymaj środkowy przycisk myszki i poruszaj myszką
 - Lub, trzymaj lewy i prawy przycisk naraz
- Obrót
 - Trzymaj prawy przycisk i poruszaj myszka

Prosta scena

```
from visual import *
```

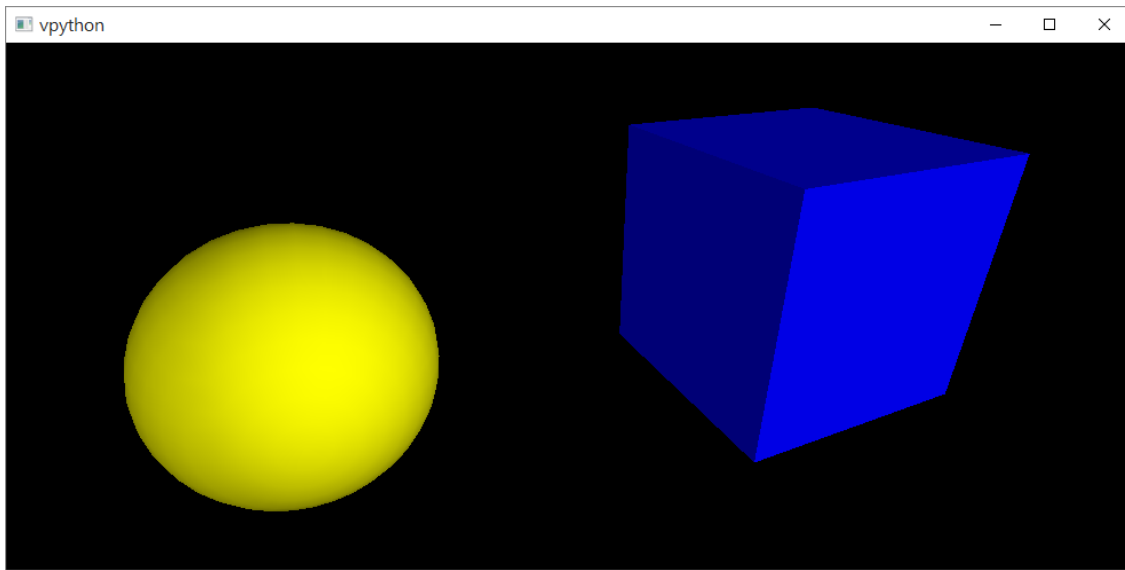
```
kula = sphere(pos=(0,2,0),color=color.yellow,radius=1)
```

```
pudelko = box(length=10, height=2, width=4,color=color.blue)
```

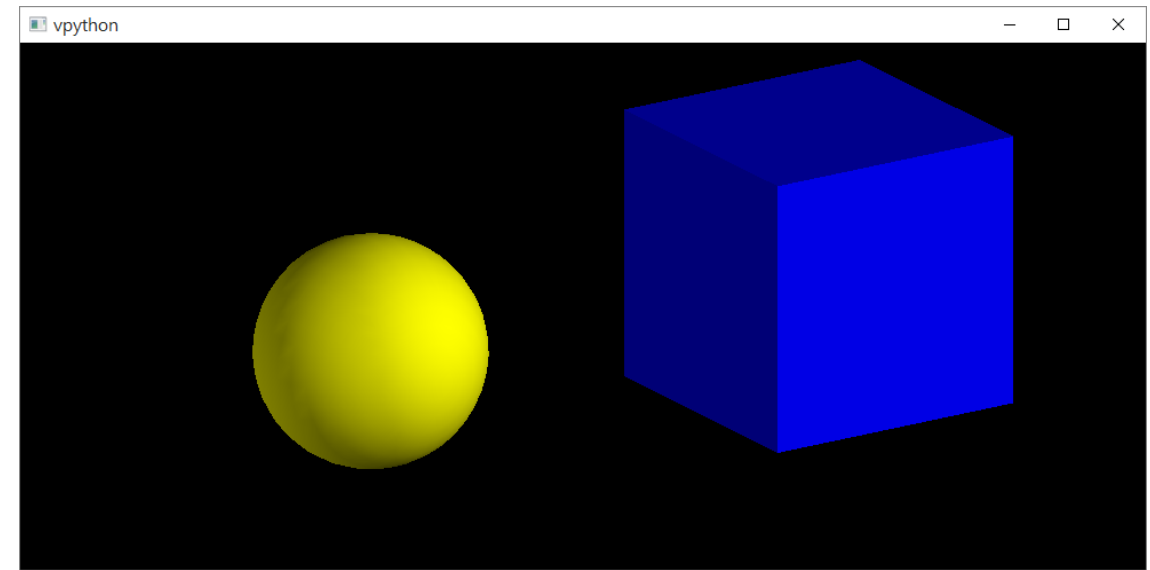


Display()

- `scena = display(title='Cellular Automaton', width=500, height=500, range=(5, 5, 5))`



`scena.fov(1.5)`



`scena.fov(0.001)`

Symulacja

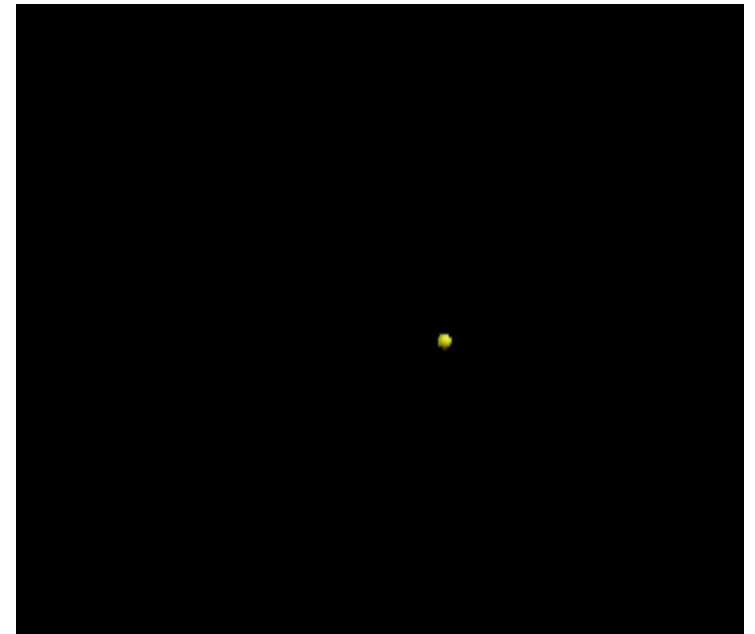
za pomocy pętli, np.:

```
l=1
```

```
while l == 1:
```

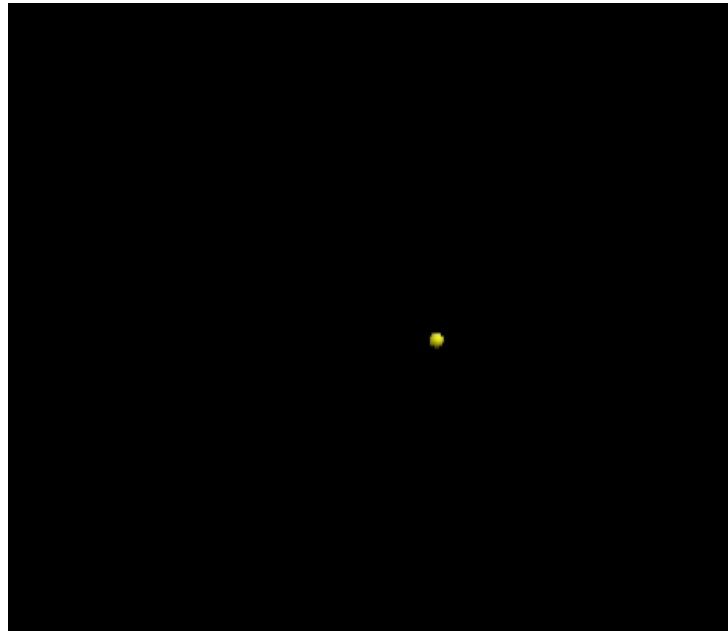
```
    rate(n) #częstotliwość odświeżania
```

```
    #zmien pozycje kuli
```



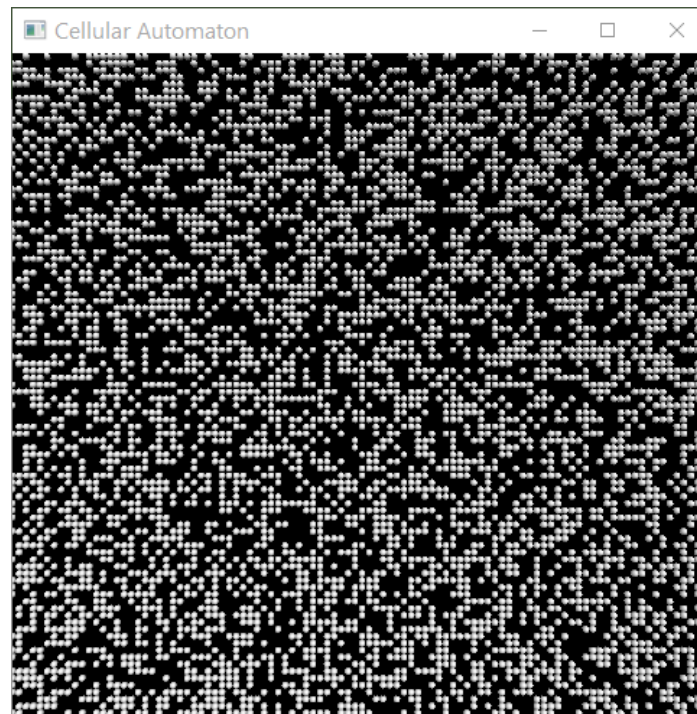
Zadanie

- Stwórz symulację kuli która się porusza od lewego boku okienka do prawego w pętli.



Zadanie

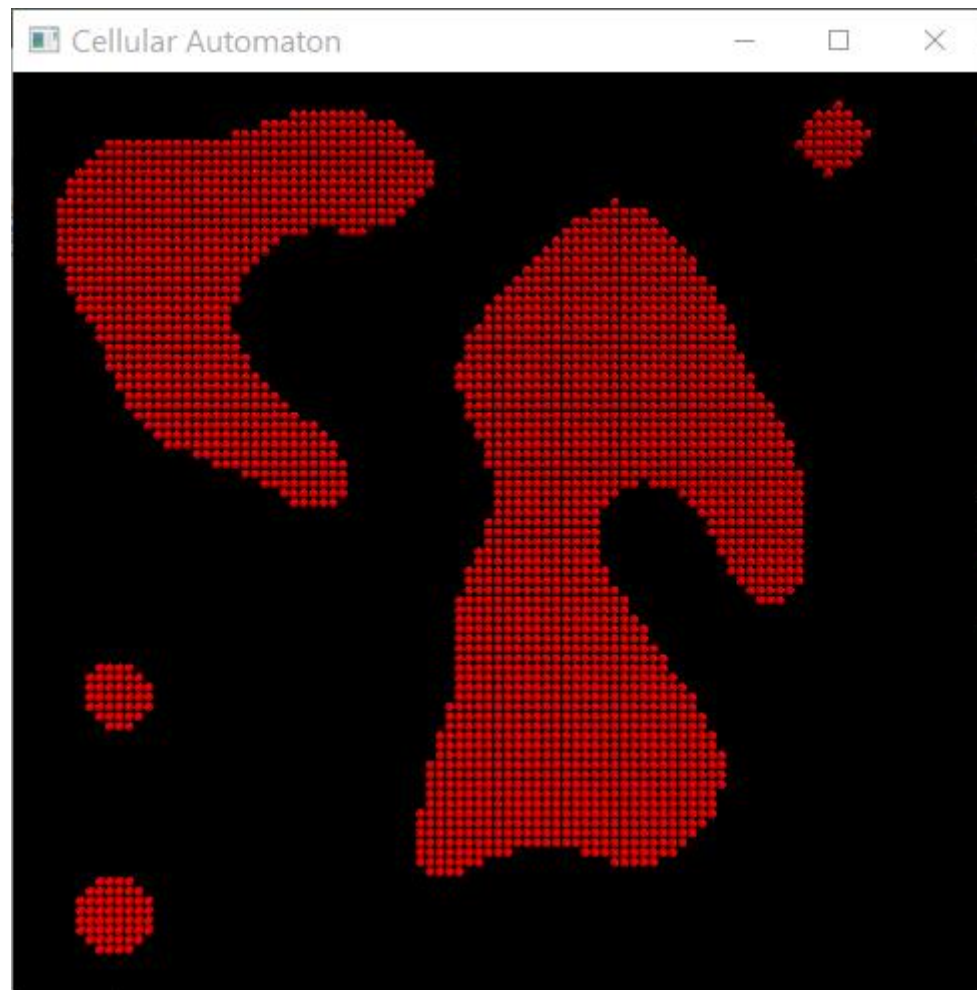
- Ułóż przypadkową liczbę kul na siatce 50 x 50?



Zadanie

- Stwórz własny model majority vote tak jak opisano na wykładzie.
- Co się stanie gdy zmieniamy stan w przypadku równego podziału stanów sąsiednich (4-4)?
- Co się stanie gdy przydzielamy stan mniejszości sąsiadów ale tylko w przypadku głosowania 5 – 3?

Co trzeba zmienić w naszym KA aby stworzyć takie wzorce?

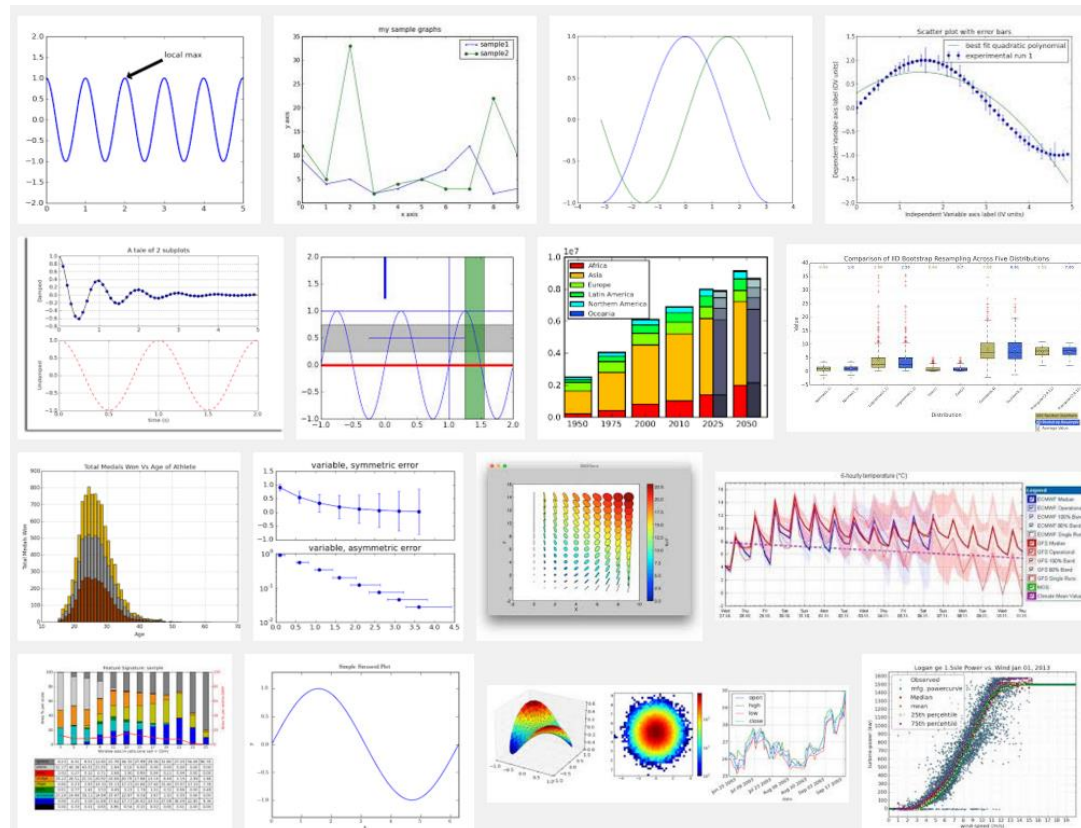


Zadanie

- Stwórz wykresy populacji i średniej lokalnej gęstości modelu głosowania większościowego. Co da się zauważyć?

matplotlib

- Najpopularniejszy pakiet do wizualizacji danych Pythona



Wykresy

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
```


Wykresy

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2
3 x = [1, 2, 3, 4]
4 y = [3, 7, 4.5, 8]
```

Wykresy

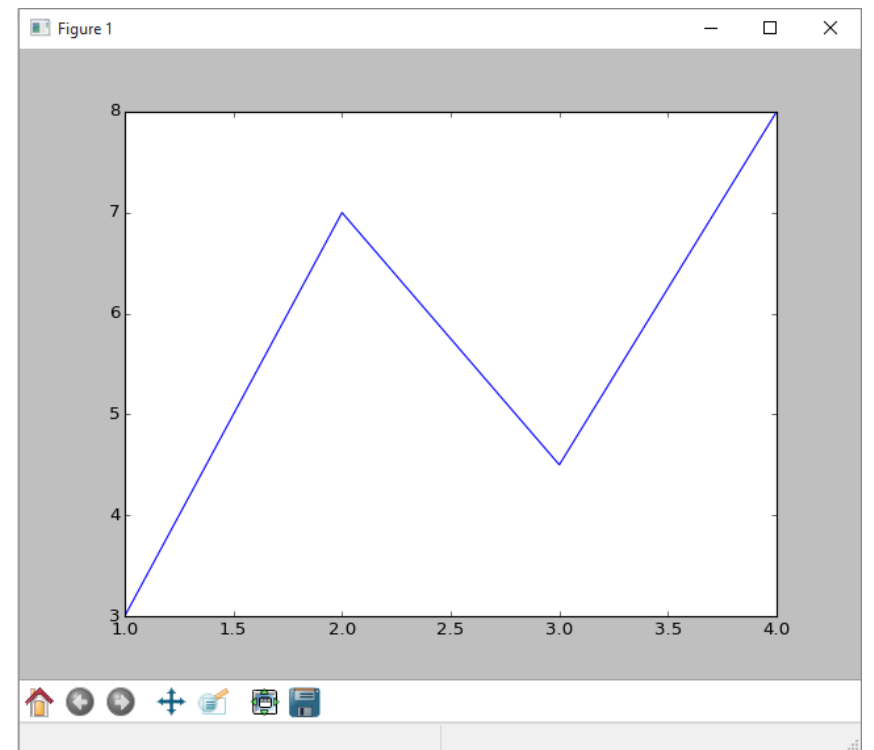
```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2
3 x = [1,2,3,4]
4 y = [3, 7, 4.5, 8]
5
6 plt.plot(x, y)
```

Wykresy

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2
3 x = [1,2,3,4]
4 y = [3, 7, 4.5, 8]
5
6 plt.plot(x, y)
7
8 plt.show()
```

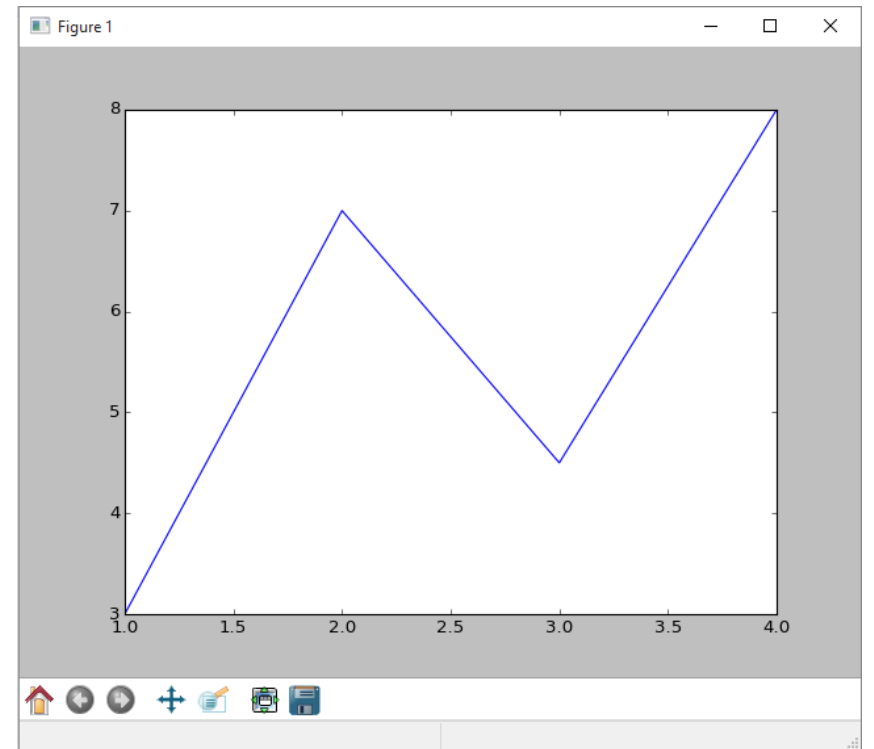
Wykresy

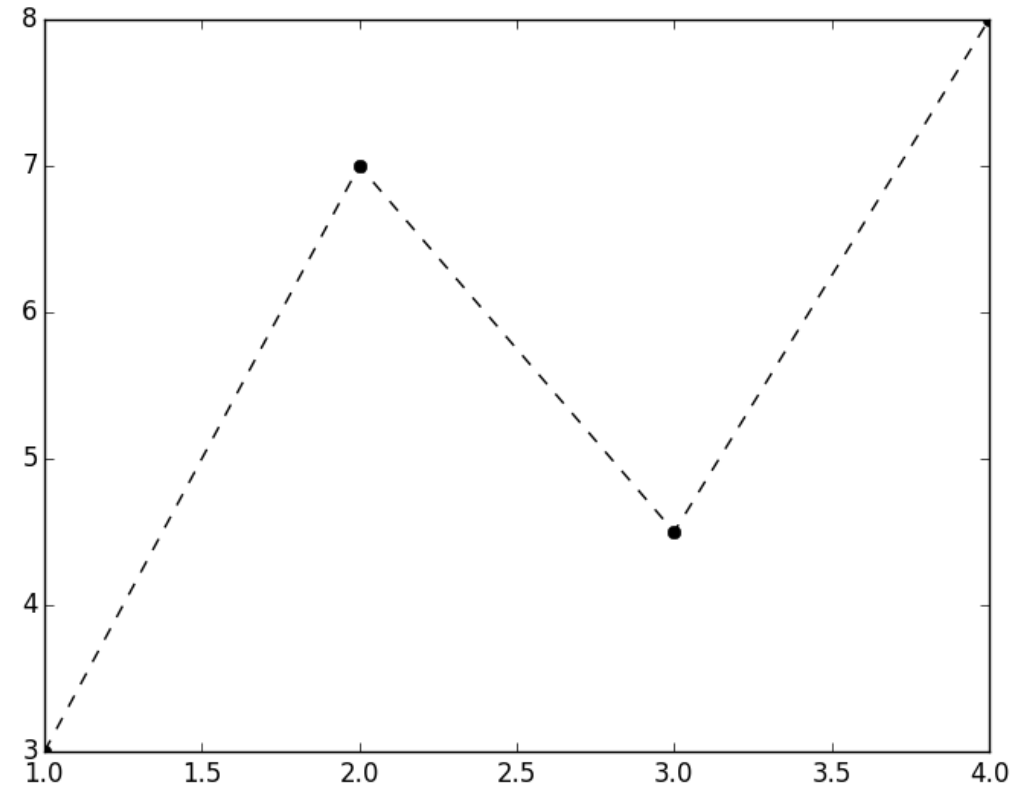
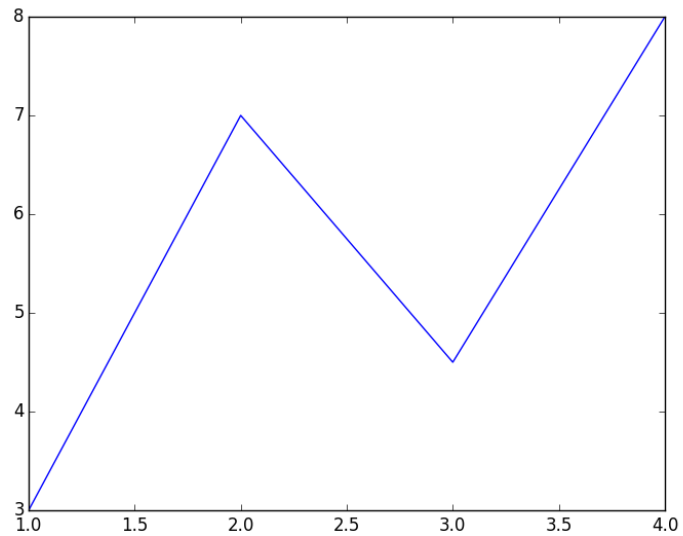
```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2
3 x = [1,2,3,4]
4 y = [3, 7, 4.5, 8]
5
6 plt.plot(x, y)
7
8 plt.show()
```



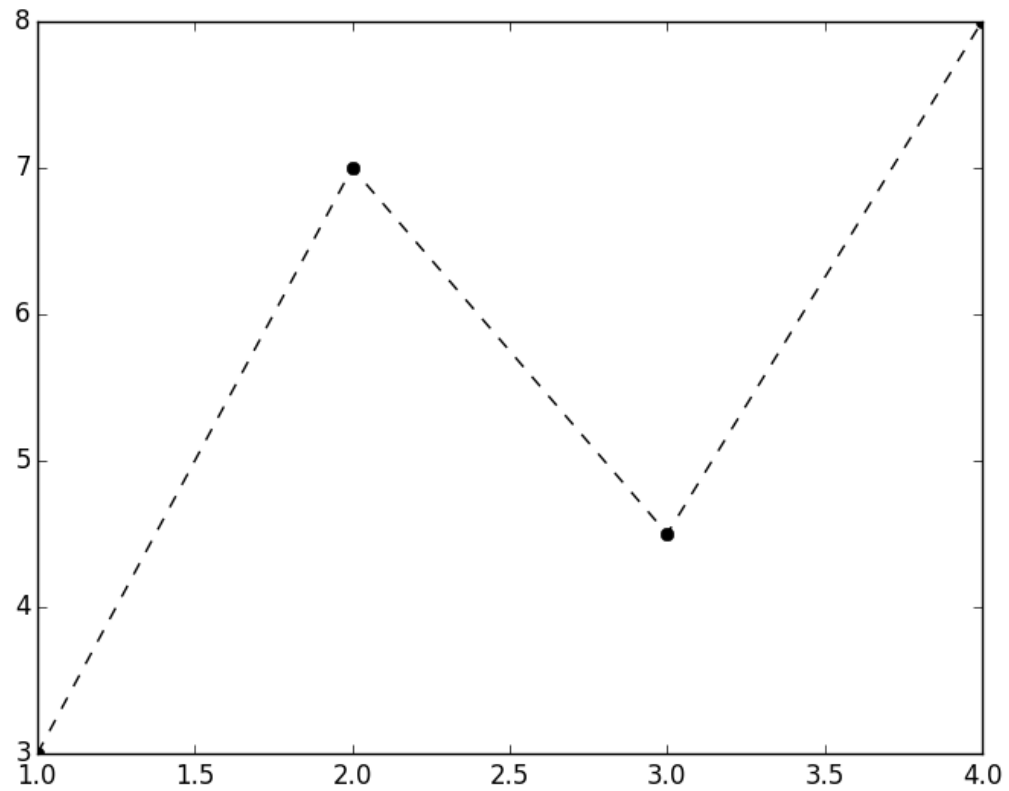
Wykresy

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2
3 x = [1,2,3,4]
4 y = [3, 7, 4.5, 8]
5
6 plt.plot(x, y)
7
8 plt.savefig('nazwa.pdf')
```





```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2
3 x = [1,2,3,4]
4 y = [3, 7, 4.5, 8]
5
6 plt.plot(x, y, linestyle="dashed", marker="o", color="black")
7
8 plt.show()
```

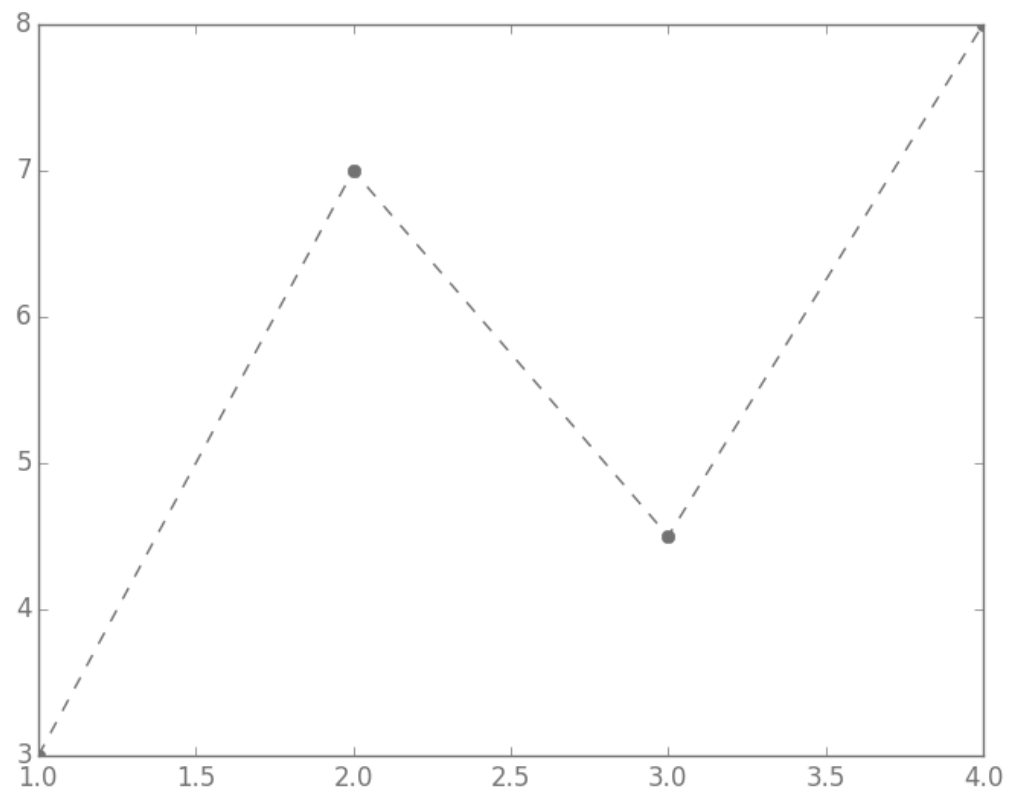


```
plt.plot(x, y, 'k--o')

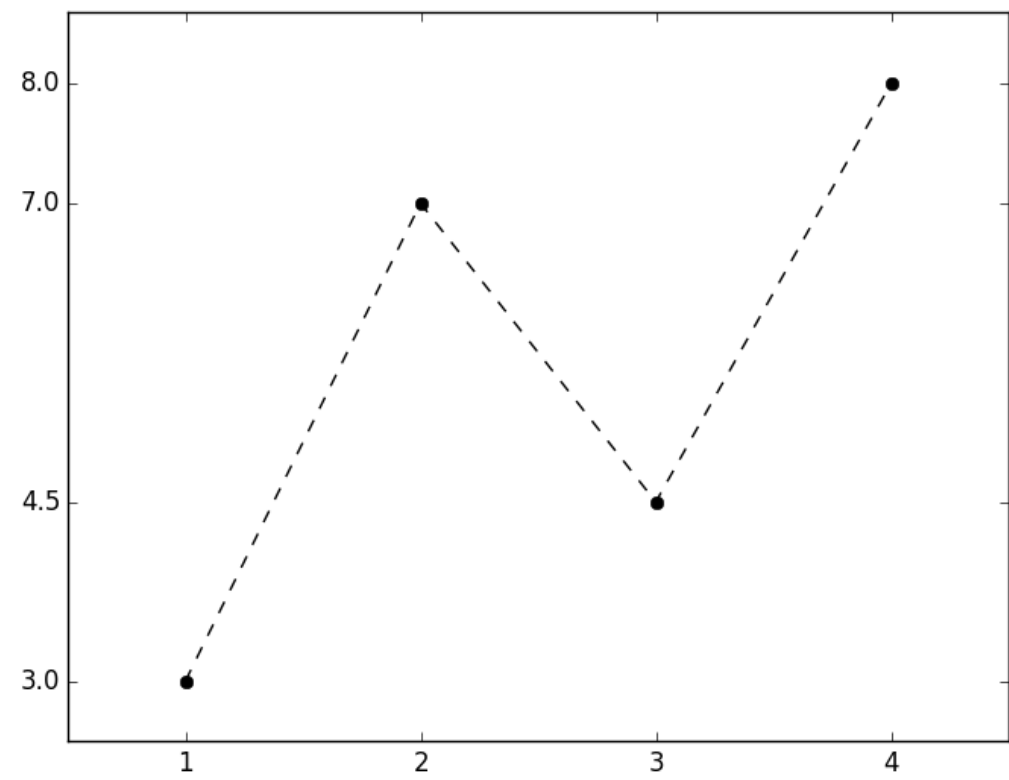
1 import matplotlib.pyplot as plt
2
3 x = [1,2,3,4]
4 y = [3, 7, 4.5, 8]
5
6 plt.plot(x, y, linestyle="dashed", marker="o", color="black")
7
8 plt.show()
```

plt.plot?

=====	=====
character	description
=====	=====
~~'_'~~	solid line style
~~'--'~~	dashed line style
~~'-. '~~	dash-dot line style
~~': '~~	dotted line style
~~'.'~~	point marker
~~','~~	pixel marker
~~'o'~~	circle marker
~~'v'~~	triangle_down marker
~~'^'~~	triangle_up marker
~~'<'~~	triangle_left marker
~~'>'~~	triangle_right marker
~~'1'~~	tri_down marker
~~'2'~~	tri_up marker

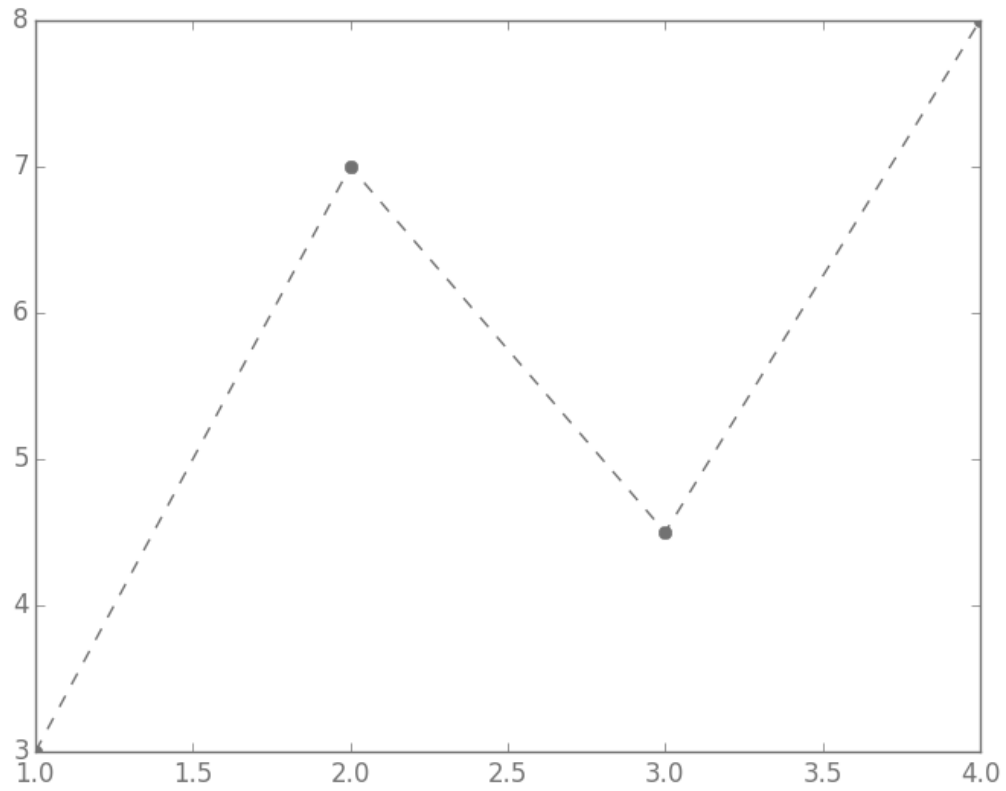


stary

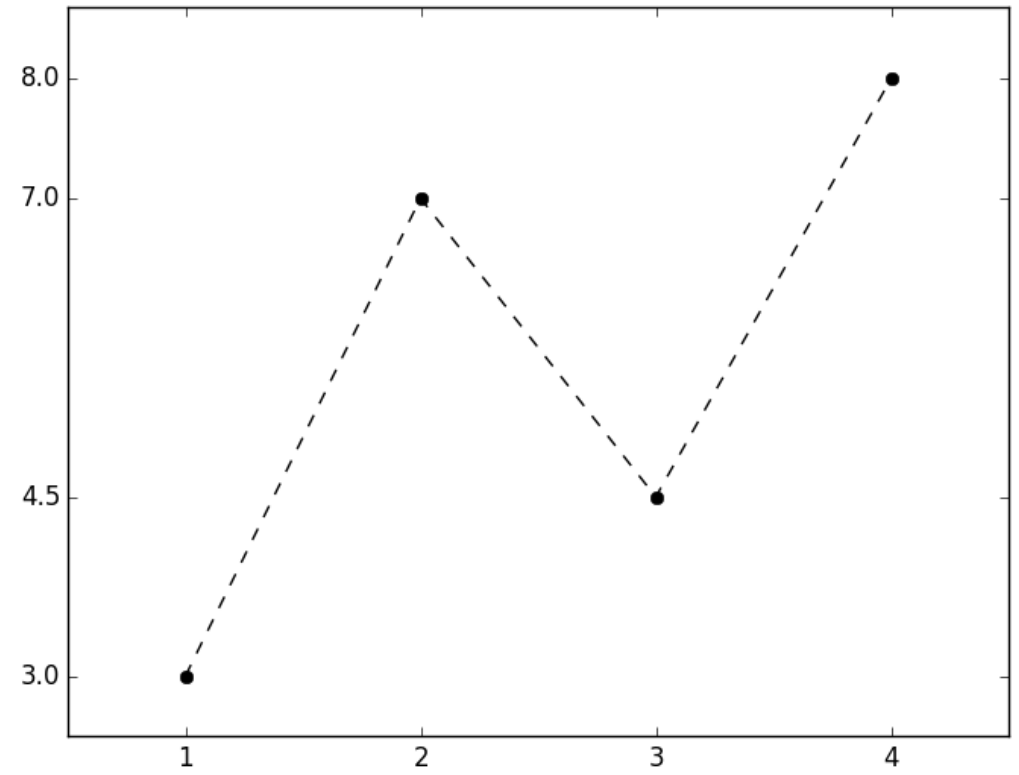


nowy

```
8 plt.xlim(0.5,4.5)
9 plt.xticks([1,2,3,4])
10
11 plt.ylim(2.5,8.6)
12 plt.yticks([3, 7, 4.5, 8])
```

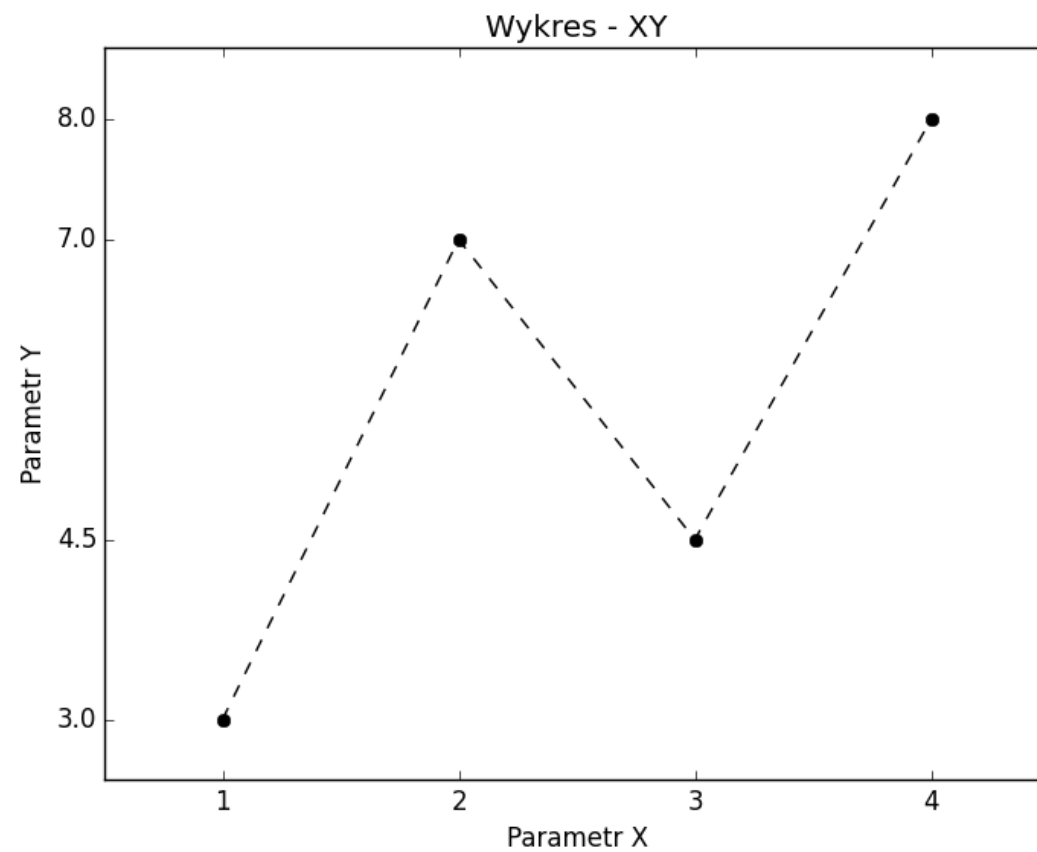


stary



nowy

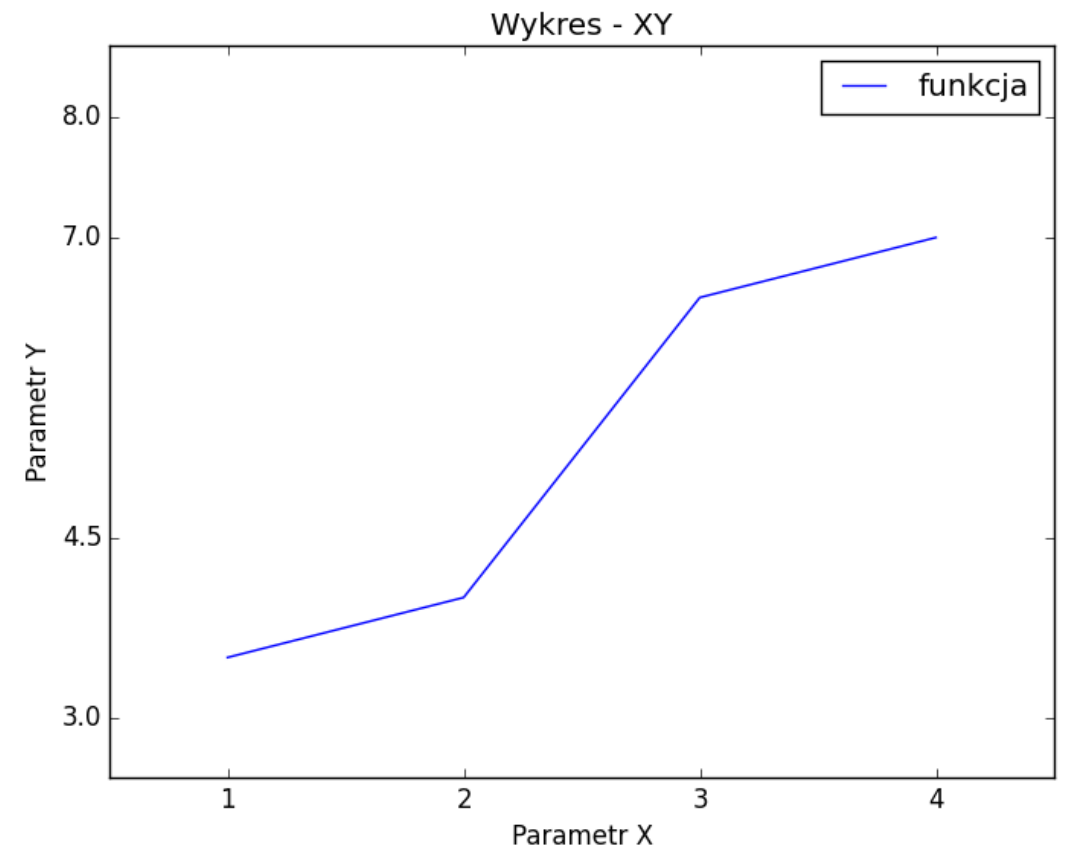
```
8 plt.xlim(0.5,4.5)
9 plt.xticks([1,2,3,4])
10 plt.axis([0,30,0,30])
11 plt.ylim(2.5,8.6)
12 plt.yticks([3, 7, 4.5, 8])
```



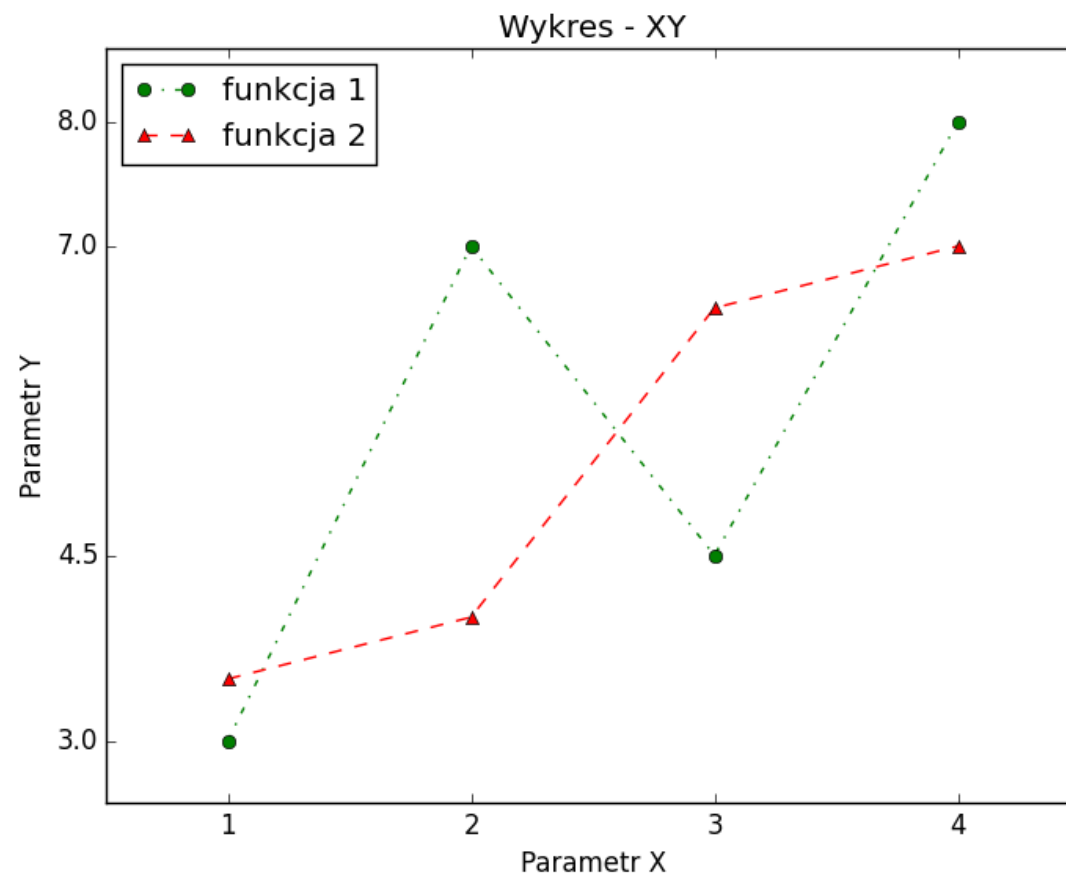
```
14 plt.xlabel("Parametr X")
15 plt.ylabel("Parametr Y")
16
17 plt.title("Wykres - XY")
```

Legend

```
19 plt.plot(x,y, label = 'funkcja')  
20 plt.legend()
```



Przykład

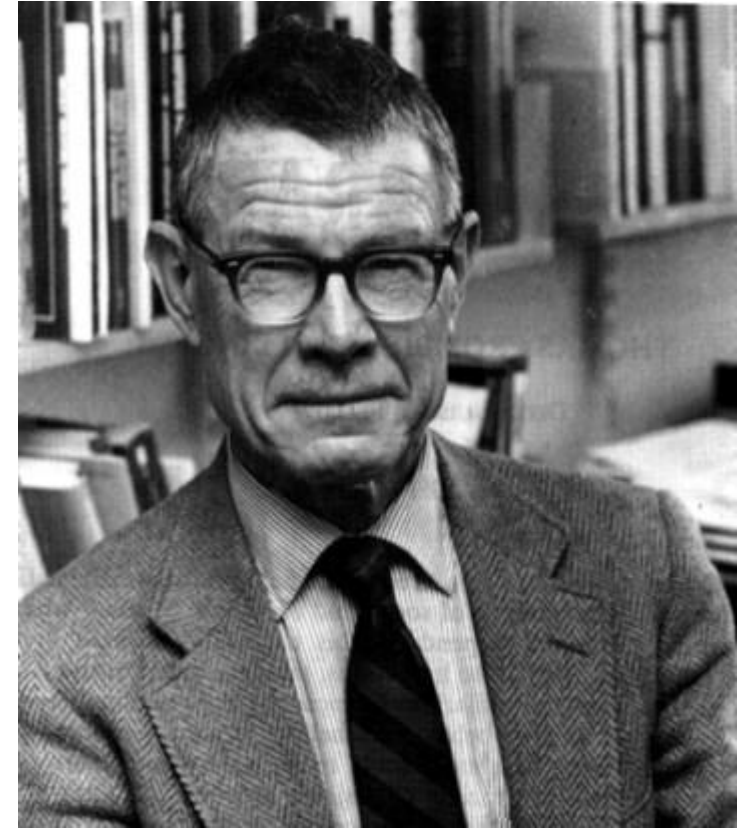


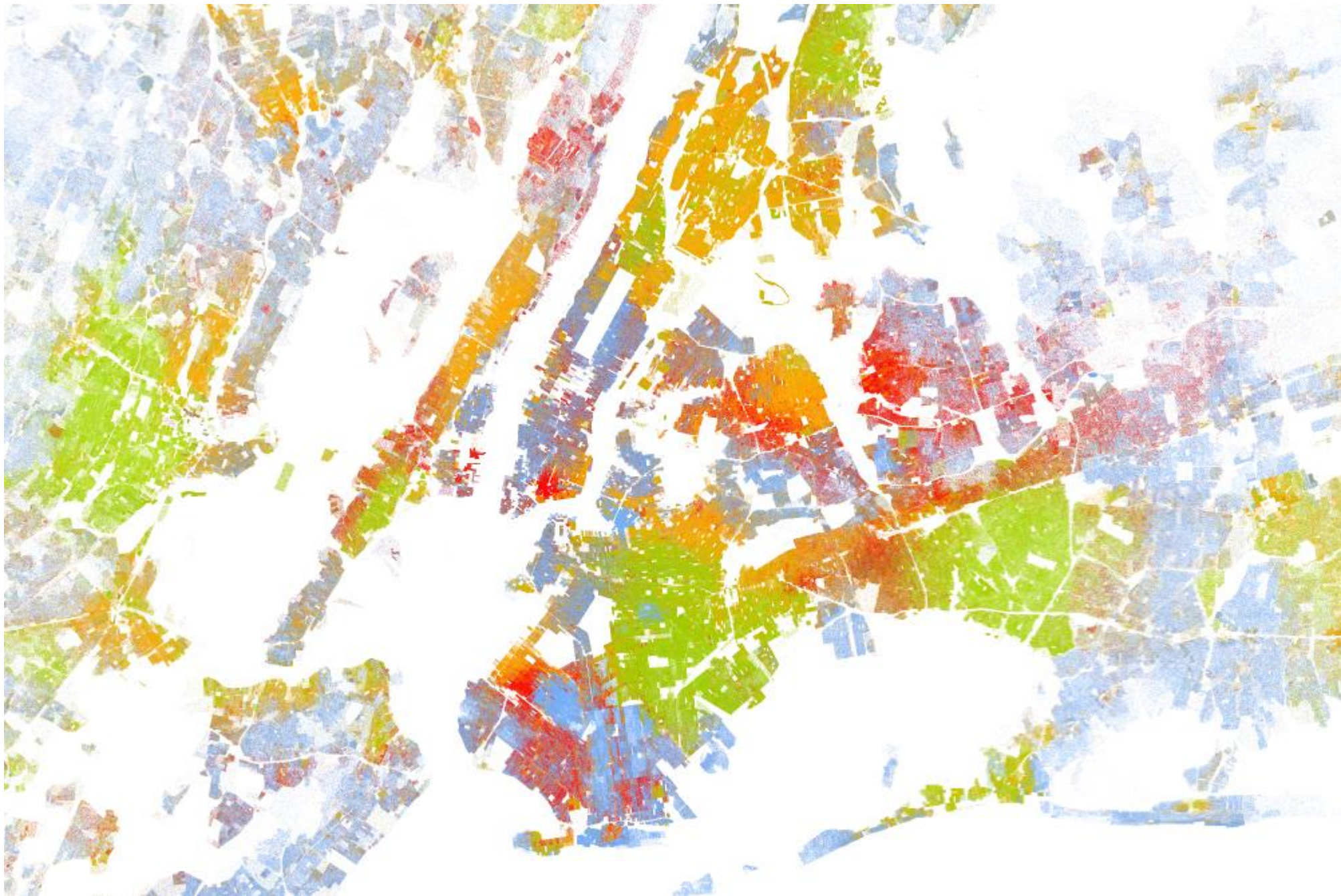
Cellular Automata

- State change dynamics:
- **Influence dynamics**
 - komorka reprezentuje stany
- **Migration dynamics**
 - komorka reprezentuje agentow

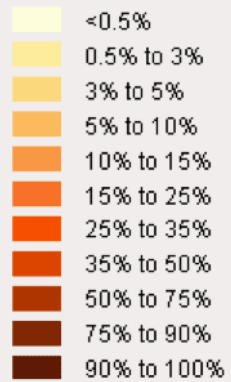
Model Segregacji Schellinga

- Thomas C. Schelling (1978) *Micromotives and Macrobehavior*, Norton
- Co powoduje segregacji rasowej i ekonomicznej?

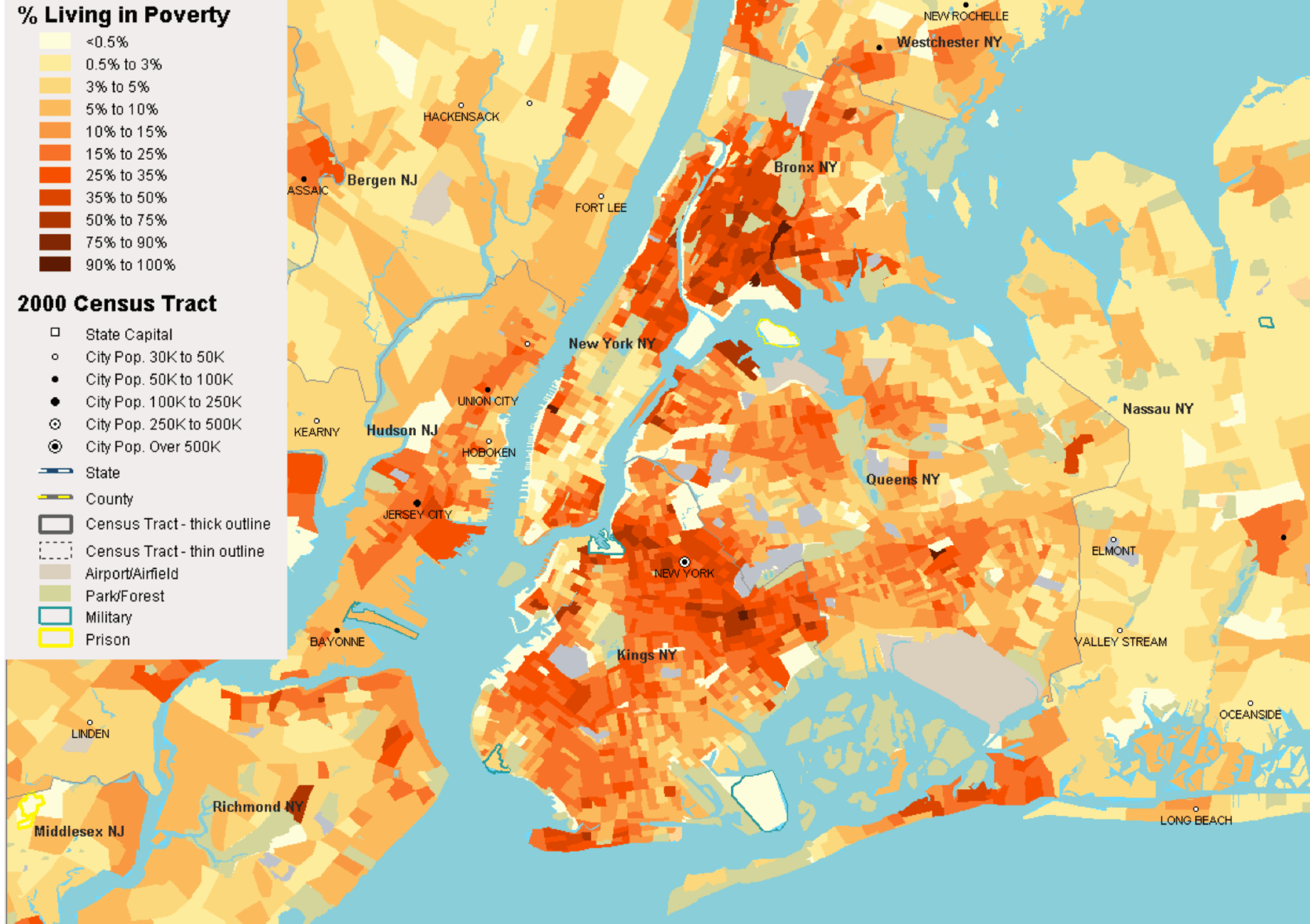
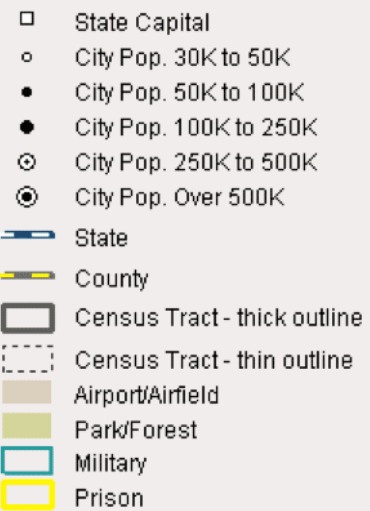




% Living in Poverty

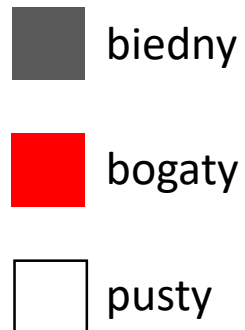


2000 Census Tract



Komórkowy Automat

- Problem: zamodelować decyzje lokalizacji zamieszkania ludzi



1 [Red]	2 [Gray]	3 [White]
4 [Red]	X [Red]	5 [Gray]
6 [Gray]	7 [Red]	8 [Gray]

Komórkowy Automat

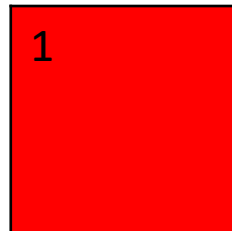
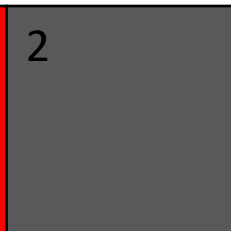
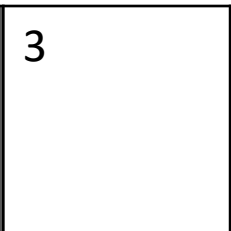
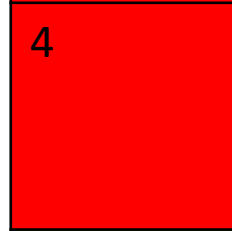
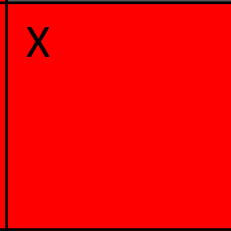
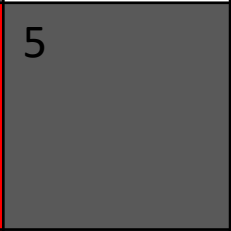
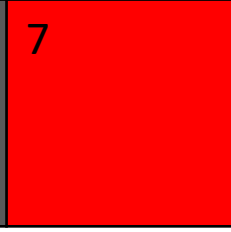
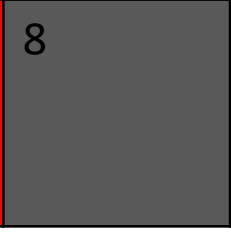
- Problem: zamodelować decyzje lokalizacji zamieszkania ludzi

Głosowanie sumy
sąsiadów

 biedny

 bogaty

 pusty

1 	2 	3 
4 	X 	5 
6 	7 	8 

Komórkowy Automat

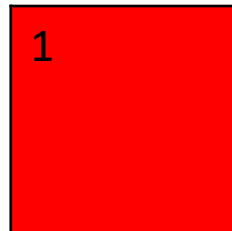
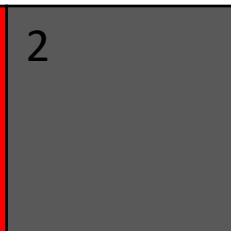
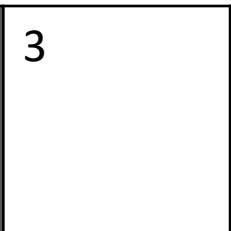
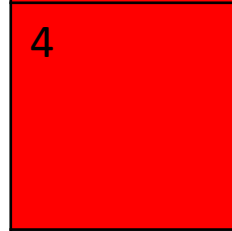
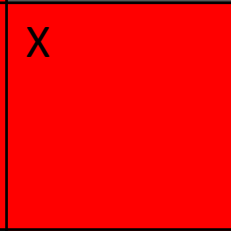
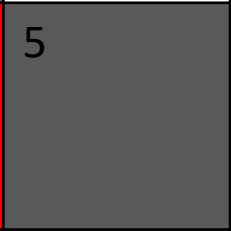
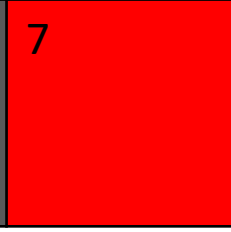
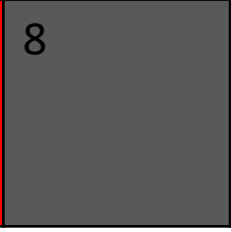
- Problem: zamodelować decyzje lokalizacji zamieszkania ludzi

Głosowanie sumy
sąsiadów

 biedny

 bogaty

 pusty

1 	2 	3 
4 	X 	5 
6 	7 	8 

Osoba zmienia
lokalizację gdy
suma podobnych
sąsiadów jest
poniżej jakiegoś
progu

Komórkowy Automat

- Problem: zamodelować decyzje lokalizacji zamieszkania ludzi

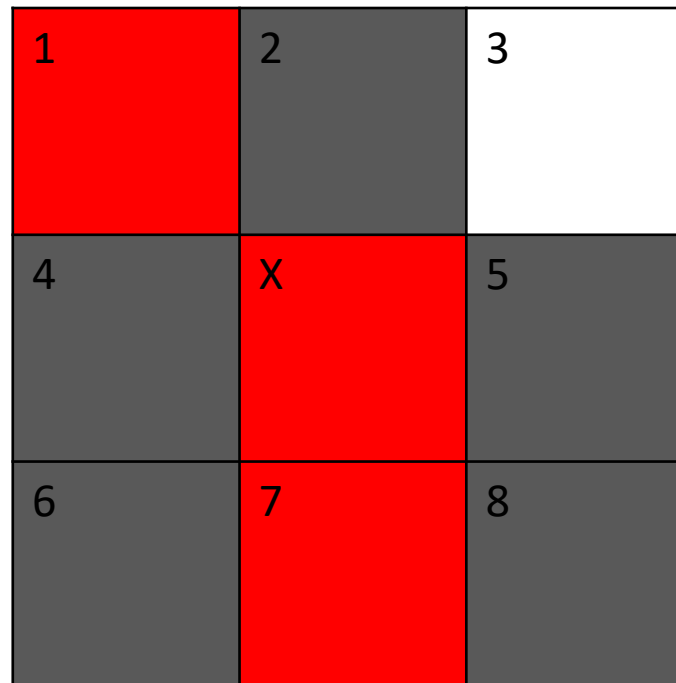
n.p. 3/7
czerwonych
sąsiadów → zostać

1	2	3
4	X	5
6	7	8

Komórkowy Automat

- Problem: zamodelować decyzje lokalizacji zamieszkania ludzi

n.p. 2/7
czerwonych
sąsiadów →
przeniesienie



Komórkowy Automat

- Problem: zamodelować decyzje lokalizacji zamieszkania ludzi

n.p. 2/7
czerwonych
sąsiadów →
przeniesienie

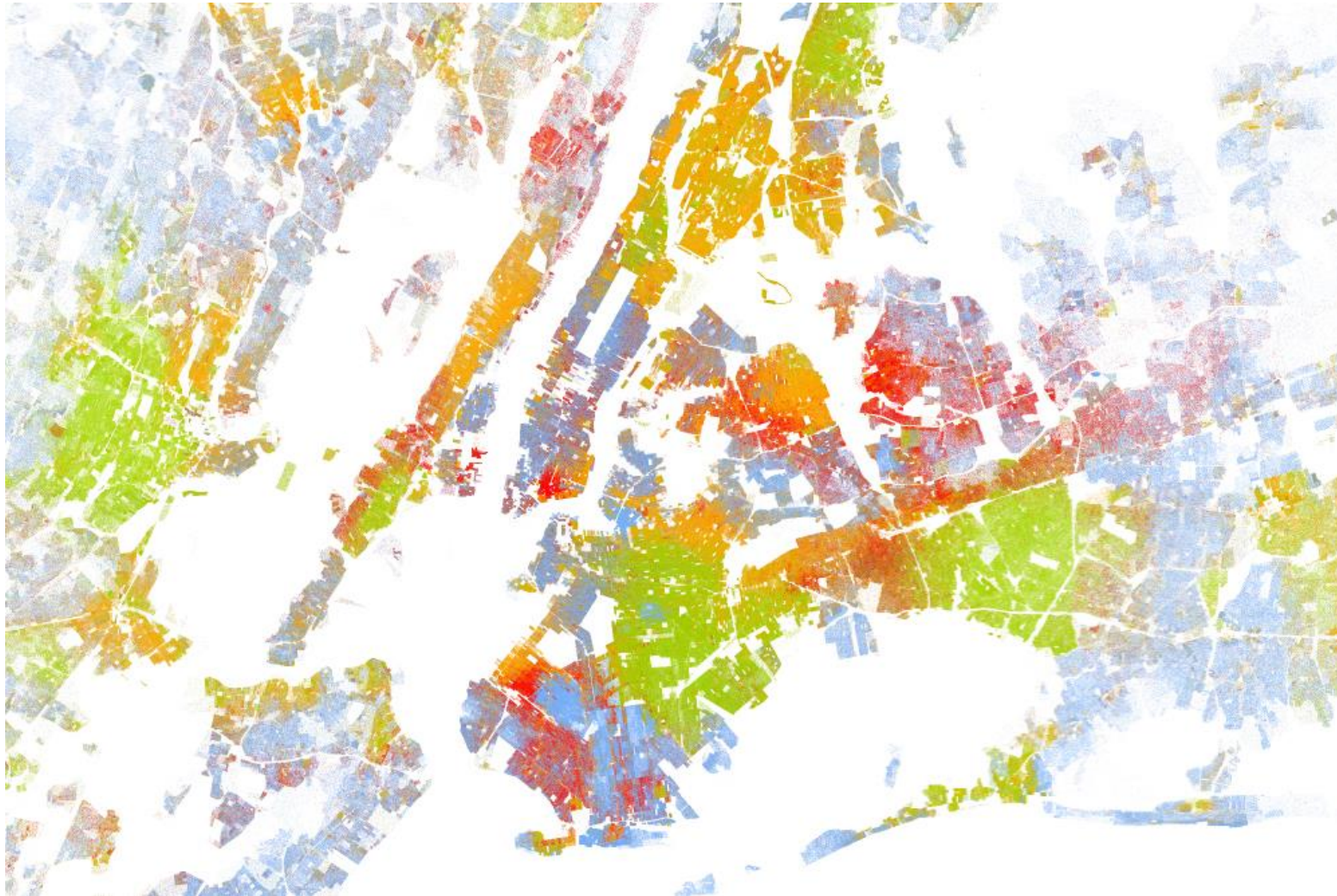
1	2	3
4	X	5
6	7	8

Netlogo Model

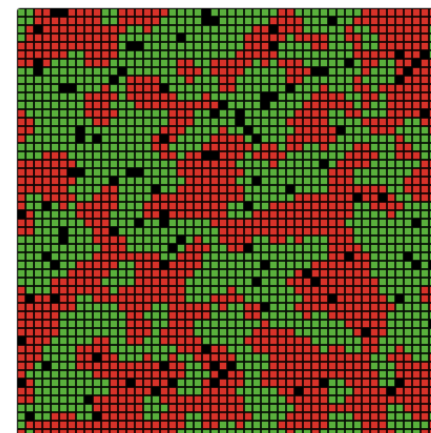
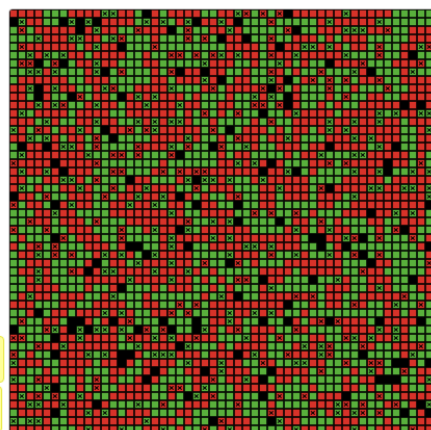


<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

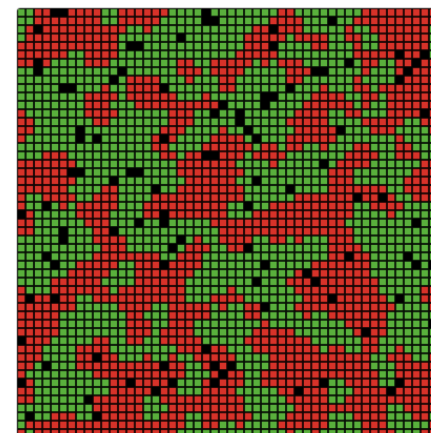
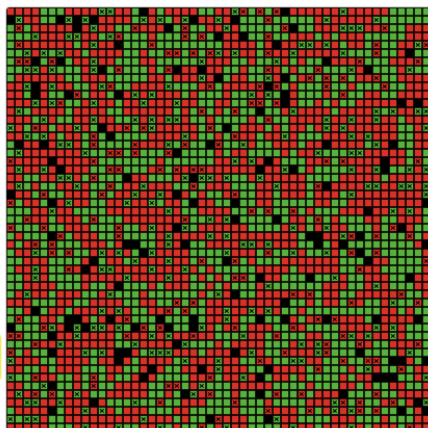
Micromotives $\neq$ Macrobehavior



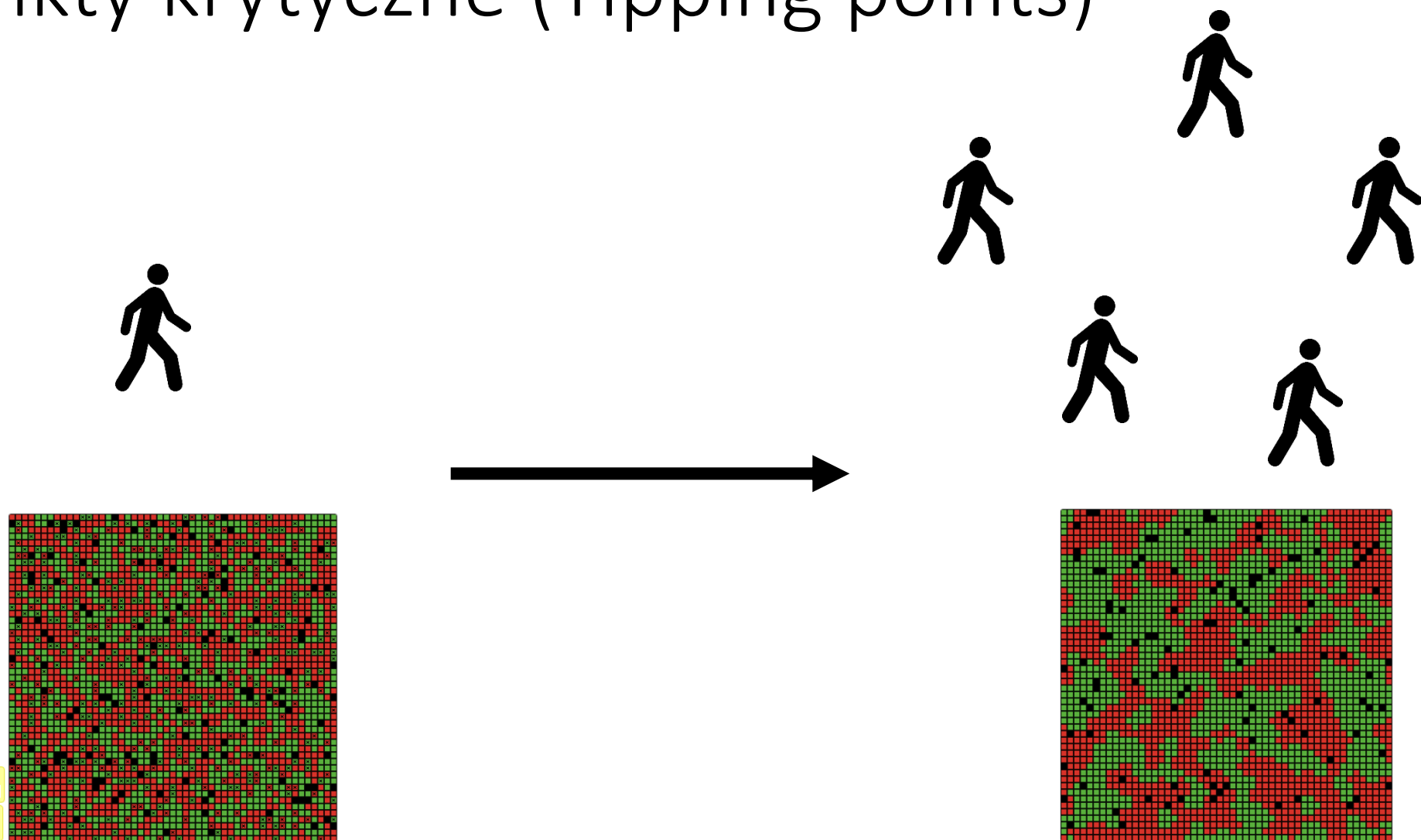
Punkty krytyczne (Tipping points)



Punkty krytyczne (Tipping points)



Punkty krytyczne (Tipping points)



Exodus tip

$2/7 >$

1	2	3
4	X	5
6	7	8

Exodus tip

$2/7 >$

1	2	3
4	X	5
6	7	8

Exodus tip

1	2	3
4	X	5
6	7	8

Exodus tip

1	2	3
4	X	5
6	7	8

Genesis tip

$2/7 >$

1	2	3
4	X	5
6	7	8

Genesis tip

$2/8 <$

1	2	3
4	X	5
6	7	8

Genesis tip

1	2	3
4	X	5
6	7	8

Genesis tip

1	2	3
4	X	5
6	7	8



Działanie kolektywne (Collective Action)



http://www.nytimes.com/slideshow/2011/02/06/weekinreview/06revolution-slideshow.html?_r=0

Granovetter's Peer Model

- N individuals
- Each has a threshold
 - T_j for person j
 - Join if T_j others join

Przykład

0

1

2

2

2

Przykład

0



1

2

2

2

Przykład

0



1



2

2

2

Przykład

0



1



2



2



2



Przykład

1

1

1

2

2

Przykład

0

1

2

3

4

Przykład

0



1

2

3

4

Przykład

0



1



2

3

4

Przykład

0



1



2



3

4

Przykład

0



1



2



3



4

Przykład

0



1



2



3



4



Przykład



1

0

1

1

1

2

2

3

2

4

Średnia = 1.4

Średnia = 2.5

Collective Action

- Niskie progi
- Więcej wariacji w progach

Collective Action

- Niskie progi
- Więcej wariacji w progach

Collective Action

- Niskie progi
- Więcej wariacji w progach



- Peer Effect

- Peer Effect
- Information

Standing Ovation Model (owacje na stojąco)

- Próg żeby stać: T

Standing Ovation Model (owacje na stojąco)

- Próg żeby stać: T
- Jakość przedstawienia: Q

Standing Ovation Model (owacje na stojąco)

- Próg żeby stać: T
- Jakość przedstawienia: Q
- Sygnał: $S = Q + E$

Standing Ovation Model (owacje na stojąco)

- Próg żeby stać: T
- Jakość przedstawienia: Q
- Sygnał: $S = Q + E$
- Pierwsza reguła
 - Gdy $S > T$, stać

Standing Ovation Model (owacje na stojąco)

- Próg żeby stać: T
- Jakość przedstawienia: Q
- Sygnał: $S = Q + E$
- Pierwsza reguła
 - Gdy $S > T$, stać
- Druga reguła
 - Stać gdy więcej niż $X\%$ stoi

Obserwacja 1

- Ilość stojących ludzi jest proporcjonalna do jakości Q
 - **Gdy $Q + E > T$, stać**

Obserwacja 2

- Ilość stojących ludzi jest odwrotnie proporcjonalna do progu T
 - Gdy $Q + E > T$, stać

Obserwacja 3

- Ilość stojących ludzi jest odwrotnie proporcjonalna do progu X
 - **Stać gdy więcej niż X % stoi**

Przykład

- 1000 ludzi
- $T = 60$
- $Q = 50$

- $E = 0$

Przykład

- 1000 ludzi
- $T = 60$
- $Q = 50$
- $E = 0$
- $50 < 60$

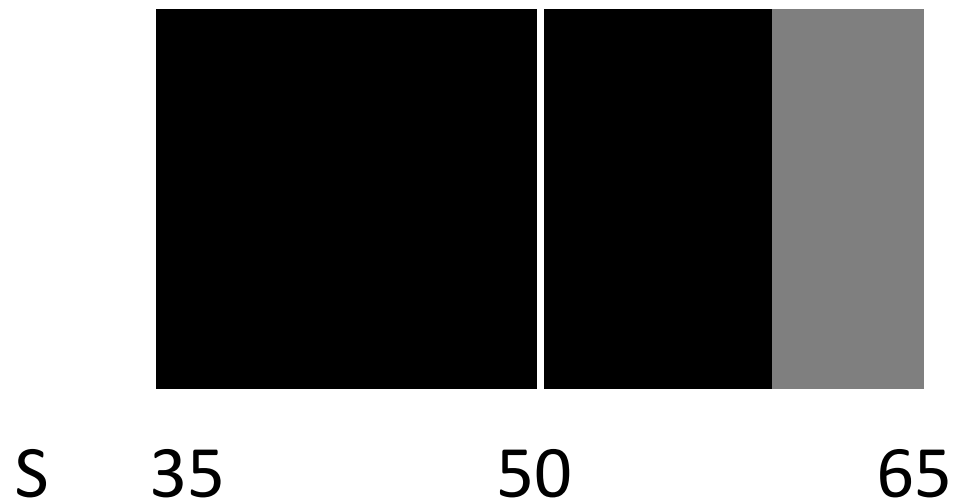
Przykład

- 1000 ludzi
- $T = 60$
- $Q = 50$
- $E [-15, 15]$

Przykład

- 1000 ludzi
- $T = 60$
- $Q = 50$
- $E [-15, 15]$

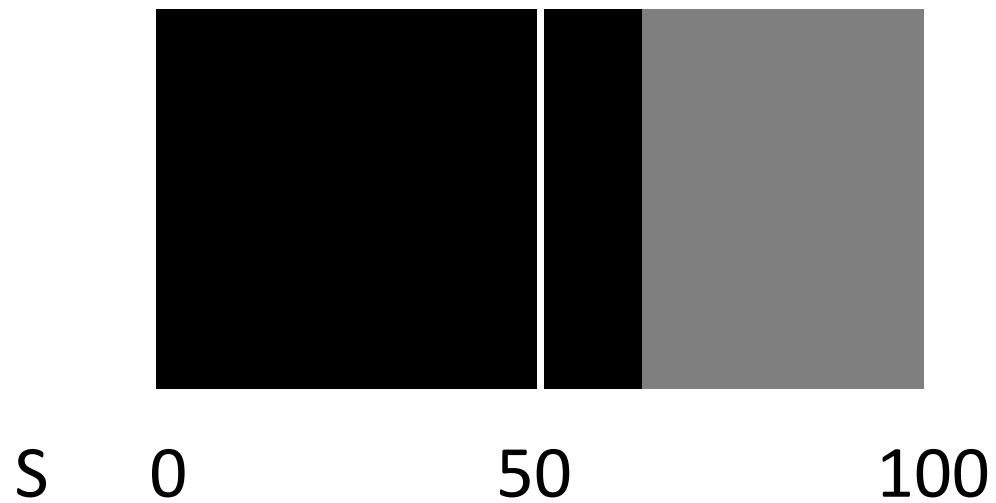
■ siedzieć
■ stać



Przykład

- 1000 ludzi
- $T = 60$
- $Q = 50$
- $E [-50, 50]$

■ siedzieć
■ stać



Obserwacja 4

- Gdy $Q < T$, wariacja w E może powodować że ludzie będą stali
 - **Gdy $Q + E > T$, stać**

Interpretacja wariacji E

- Publiczność
 - Różnorodna
 - Nie wyrafinowana
- Przedstawienie
 - Wielowymiarowa
 - Skomplikowane

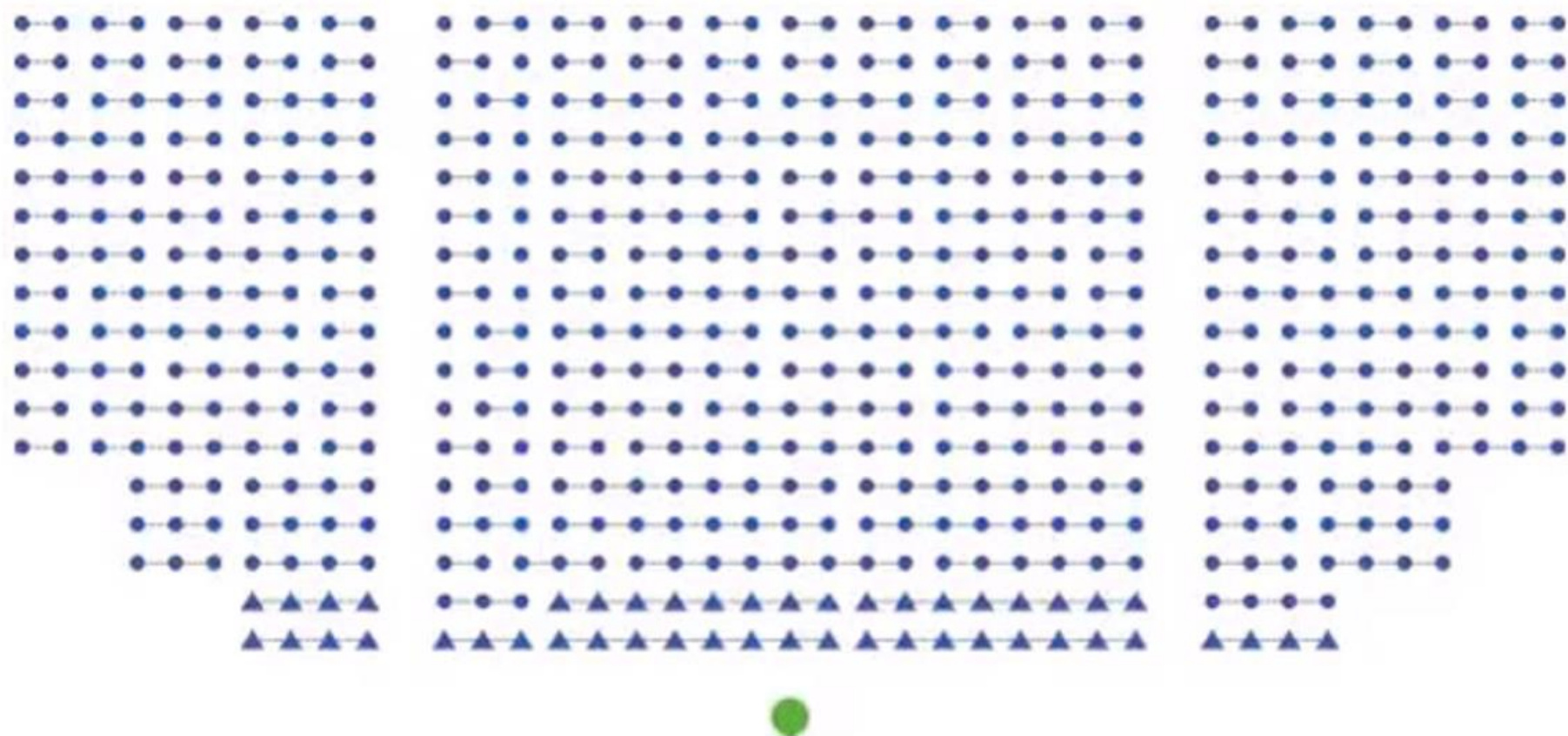
Stojące owacje

- Wysoka jakość (Q)
- Duża gotowość do wstania (T)
- Duże efekty kolektywnego działania (X)
- Więcej wariacji (E)

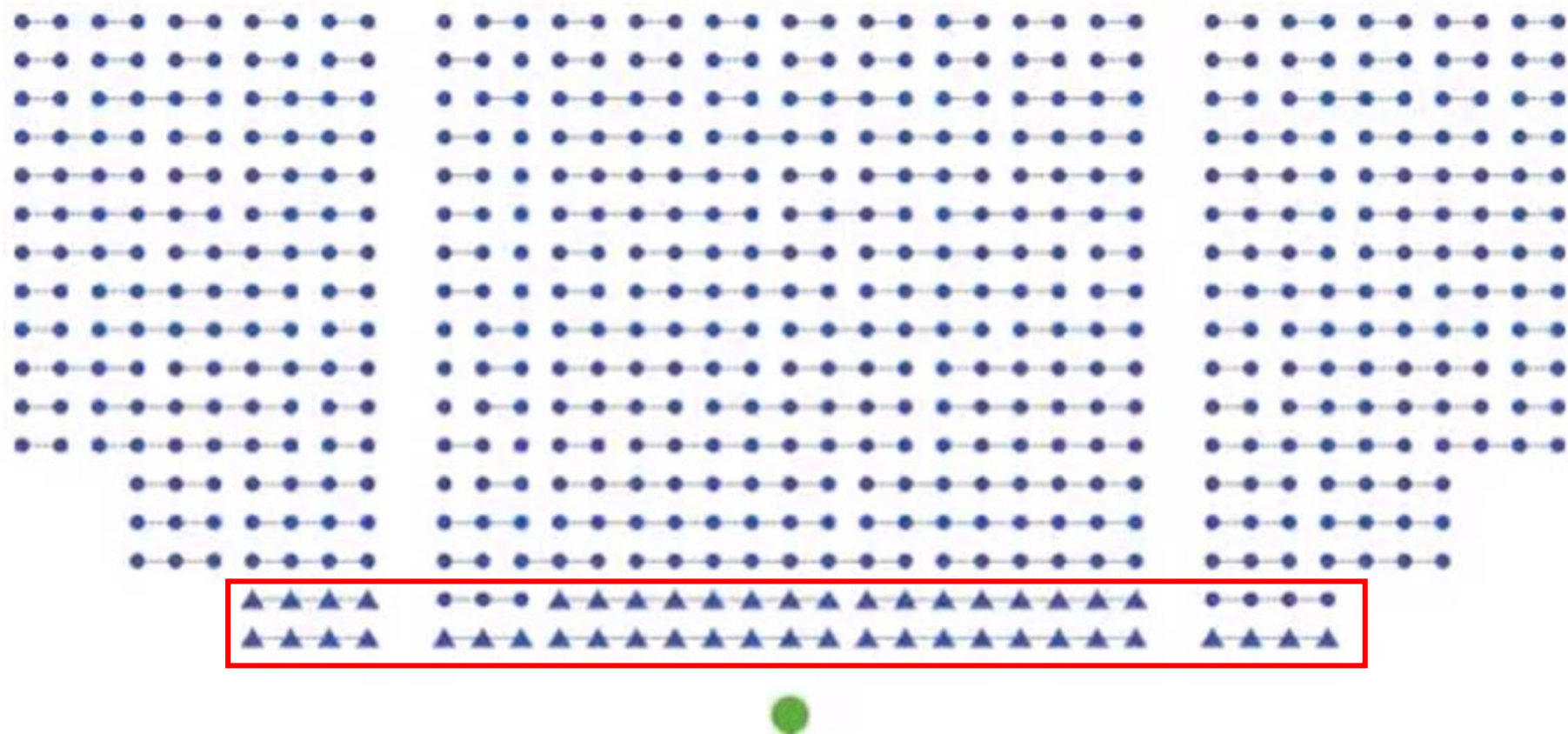
Stojące owacje

- Wysoka jakość (Q)
- Duża gotowość do wstania (T)
- Duże efekty kolektywnego działania (X)
- Więcej wariacji (E)

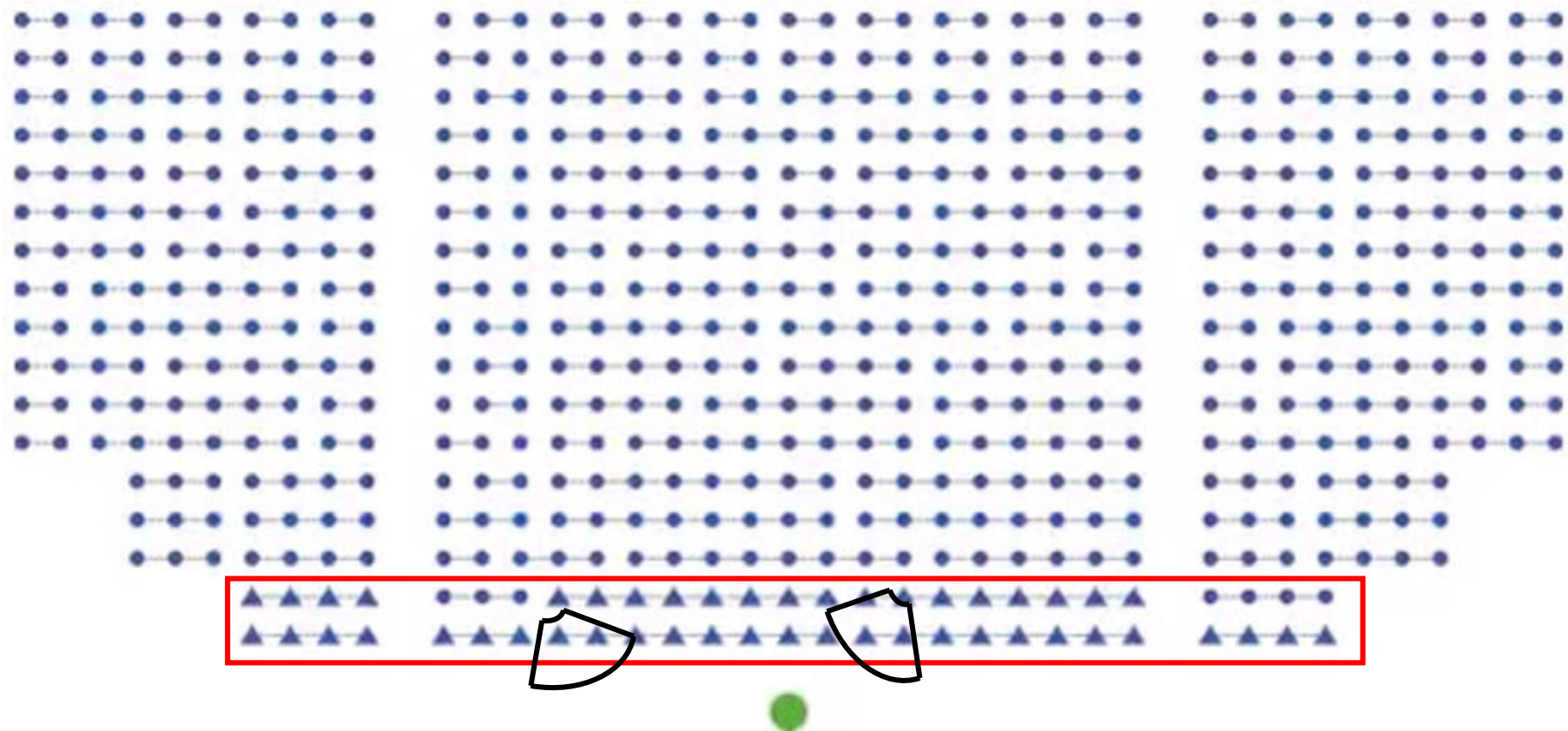
Theatre



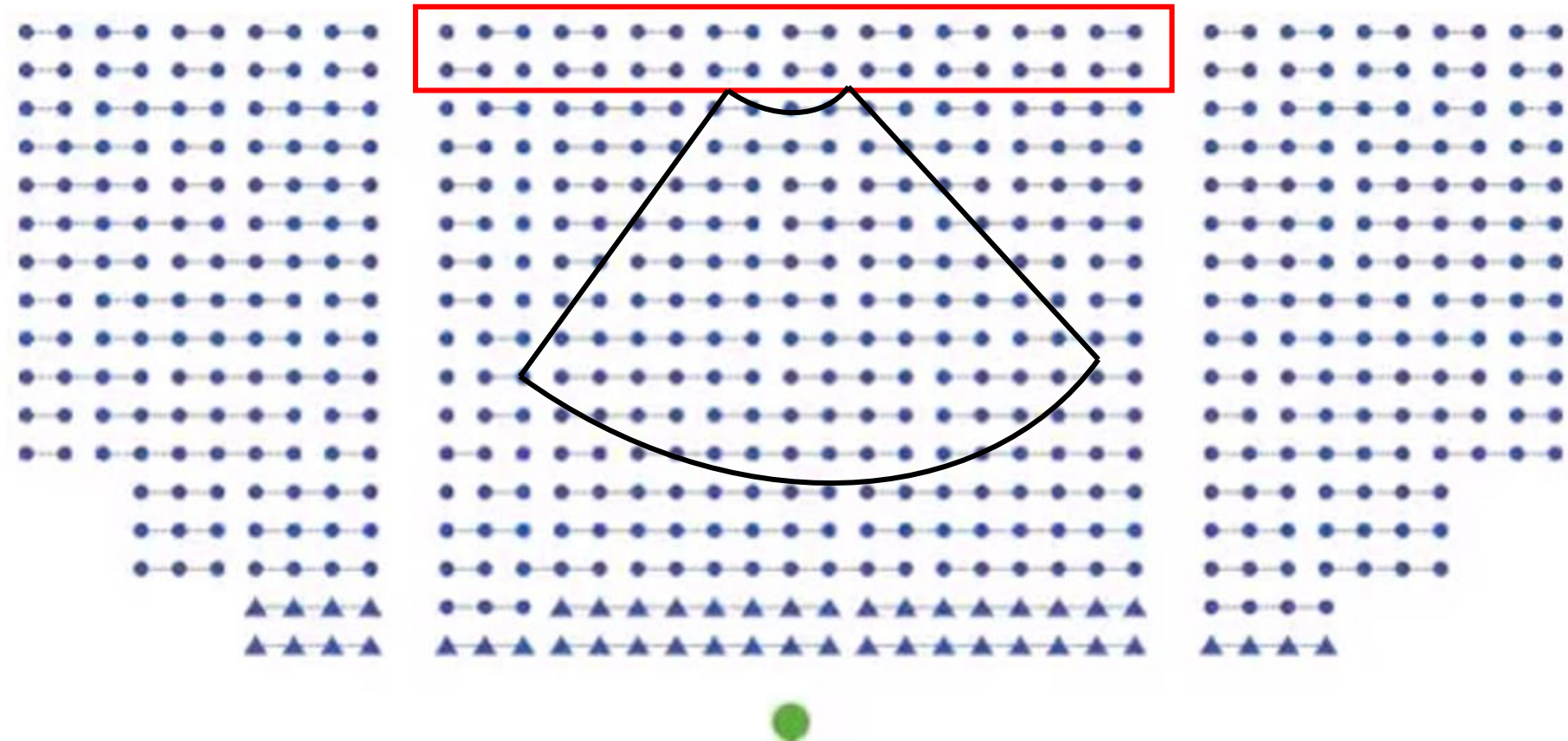
Theatre



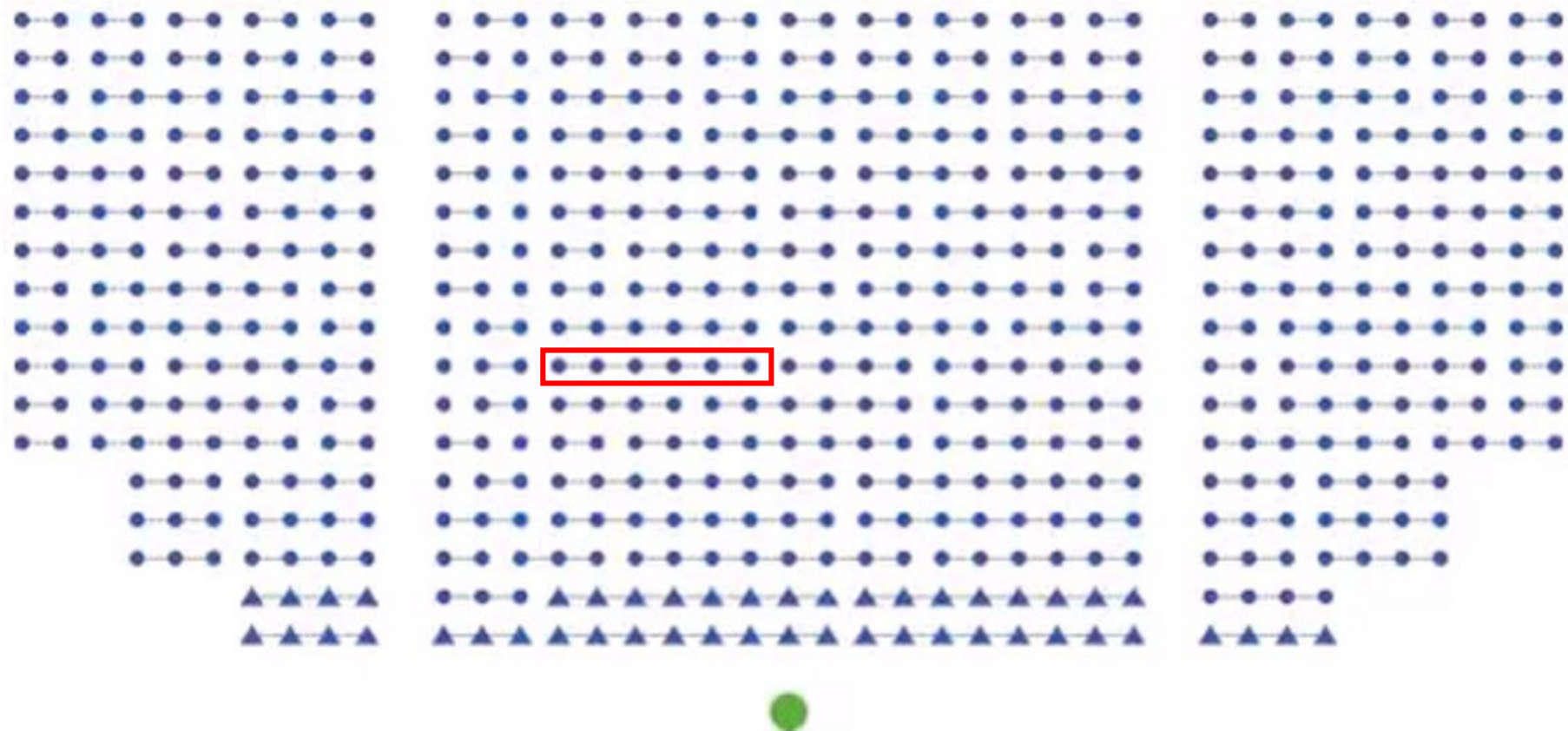
Theatre



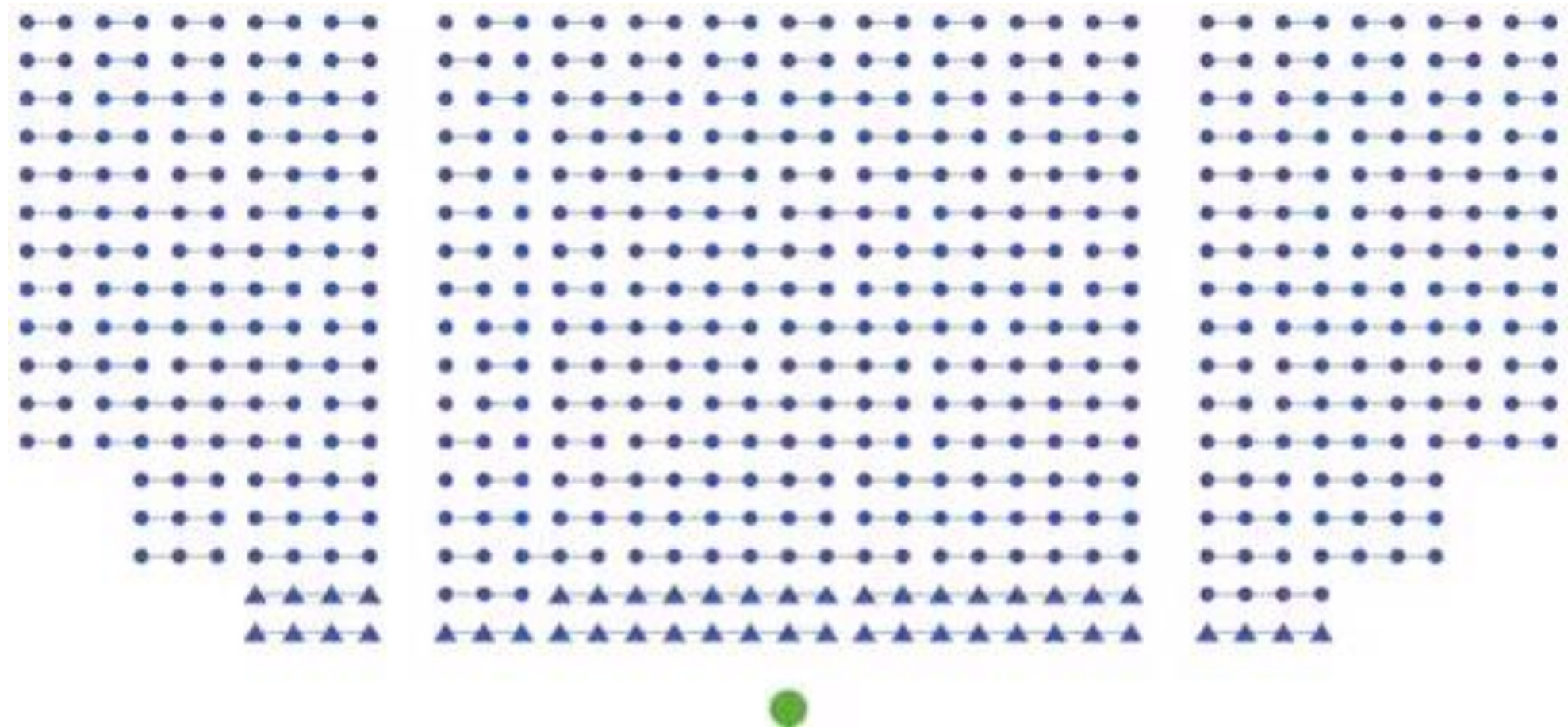
Theatre



Theatre



Theatre



Stojące Owacje

- Wysoka jakość
- Duża gotowość do wstania
- Duże efekty kolektywnego działania
- Więcej wariacji

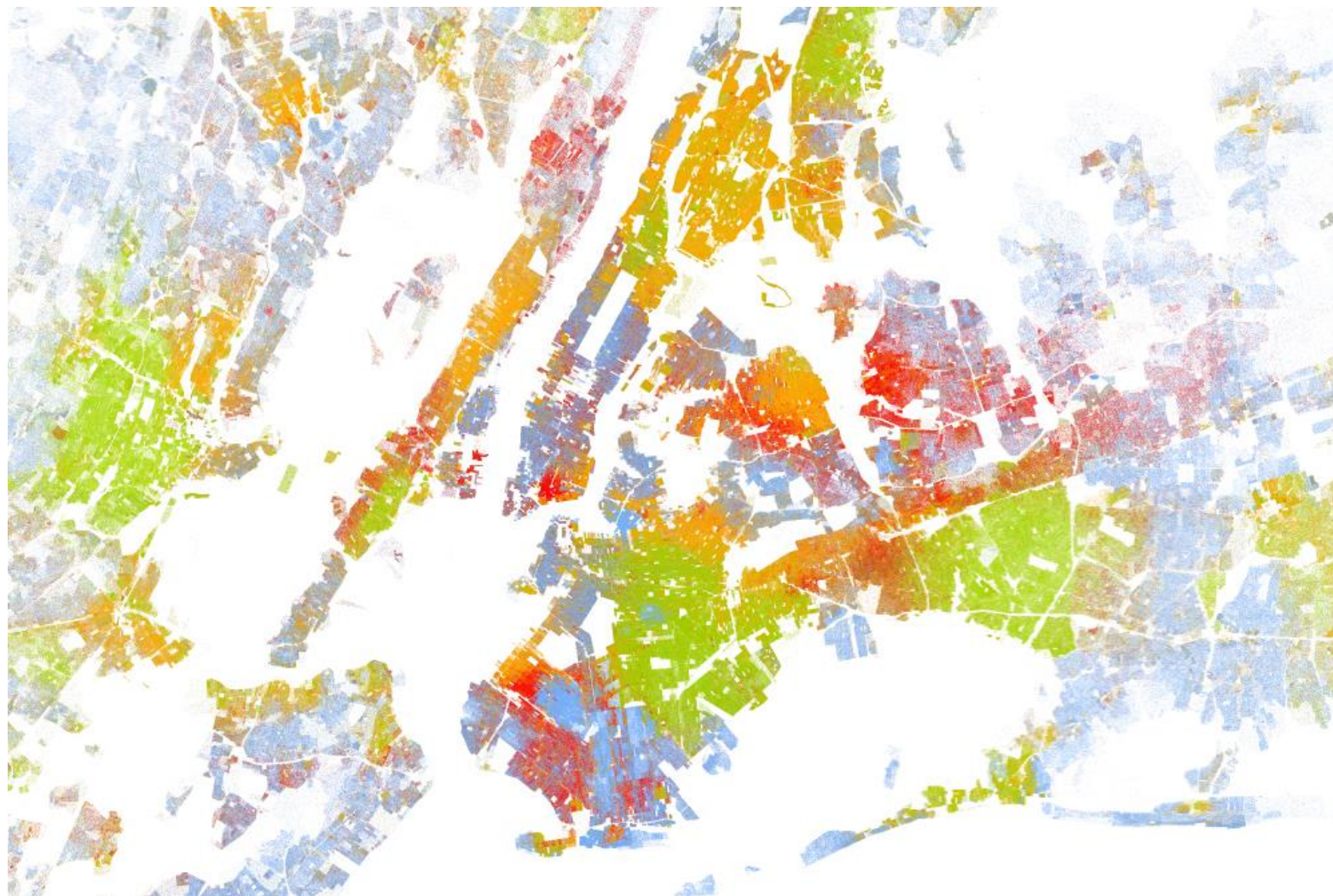
Stojące Owacje

- Wysoka jakość
- Duża gotowość do wstania
- Duże efekty kolektywnego działania
- Więcej wariacji
- **Usadź ludzi gotowych to wstawania blisko sceny (celebryci)**
- **Duże grupy**

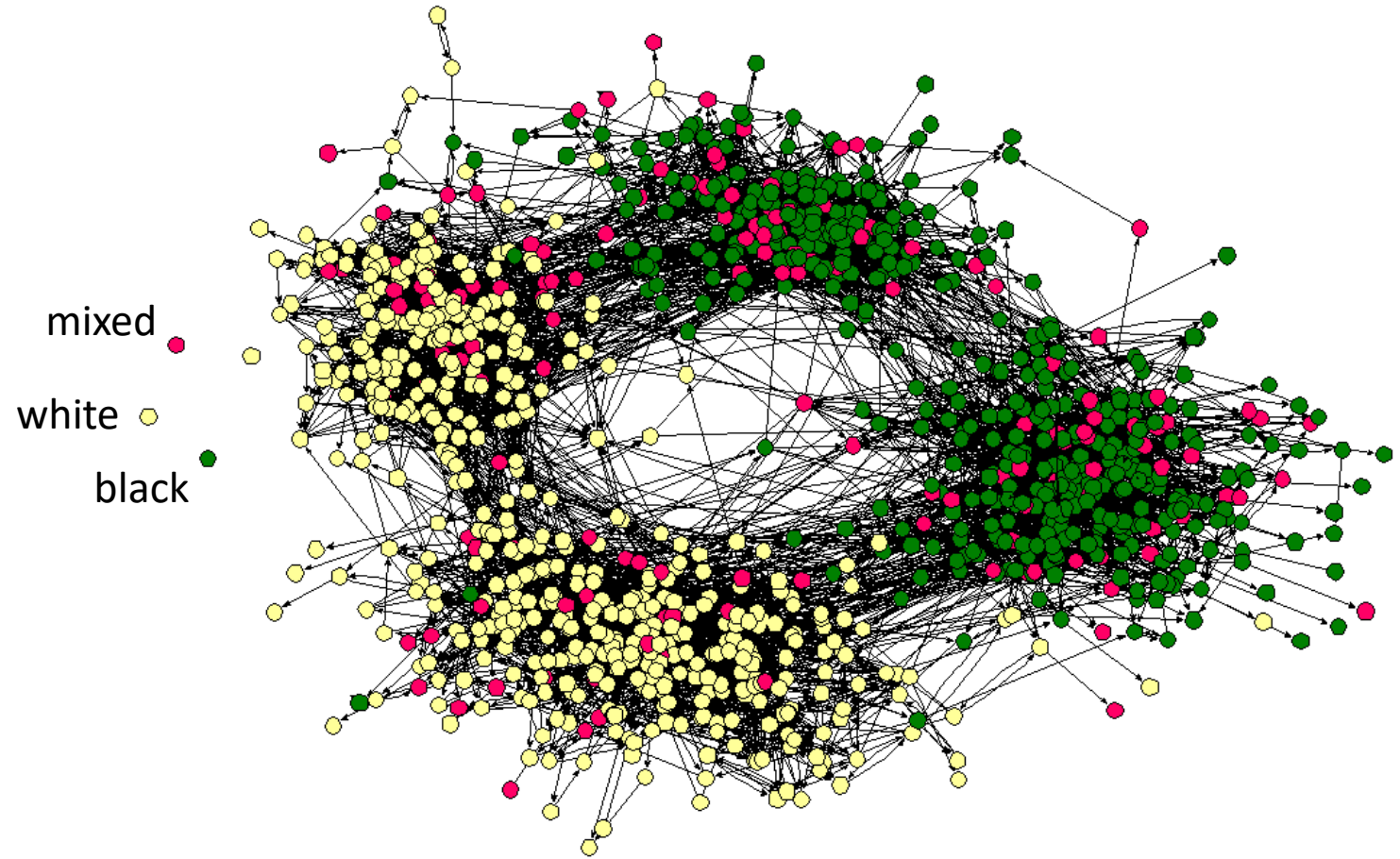
Dwa Społeczne Modele

- Sortowanie (Schelling model)
- Peer Effects (Standing Ovation model)

Sortowanie



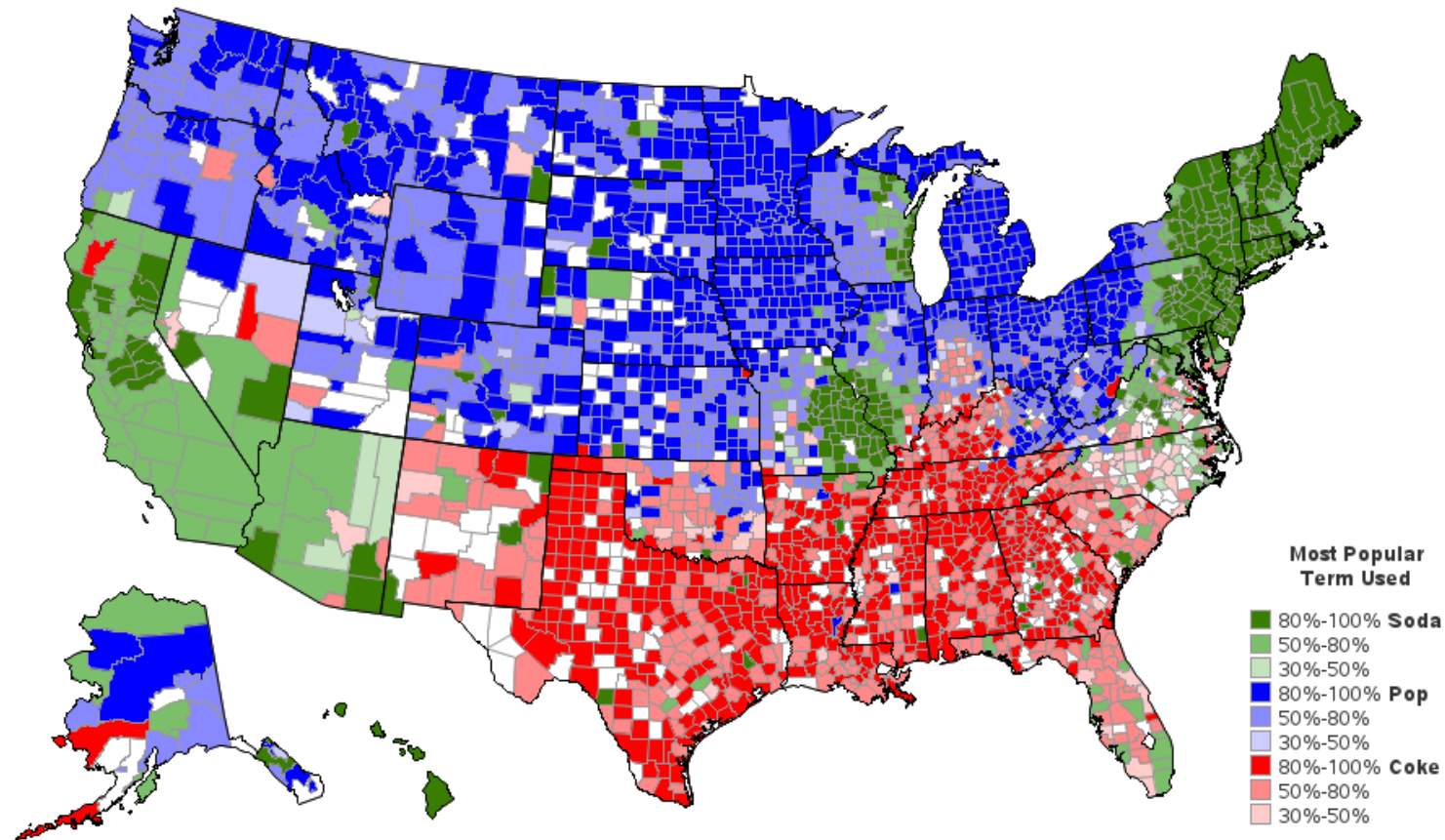
Sortowanie



James Moody, Race, school integration, and friendship segregation in America, *American Journal of Sociology* **107**, 679-716 (2001)

Peer Effects (Homophily)

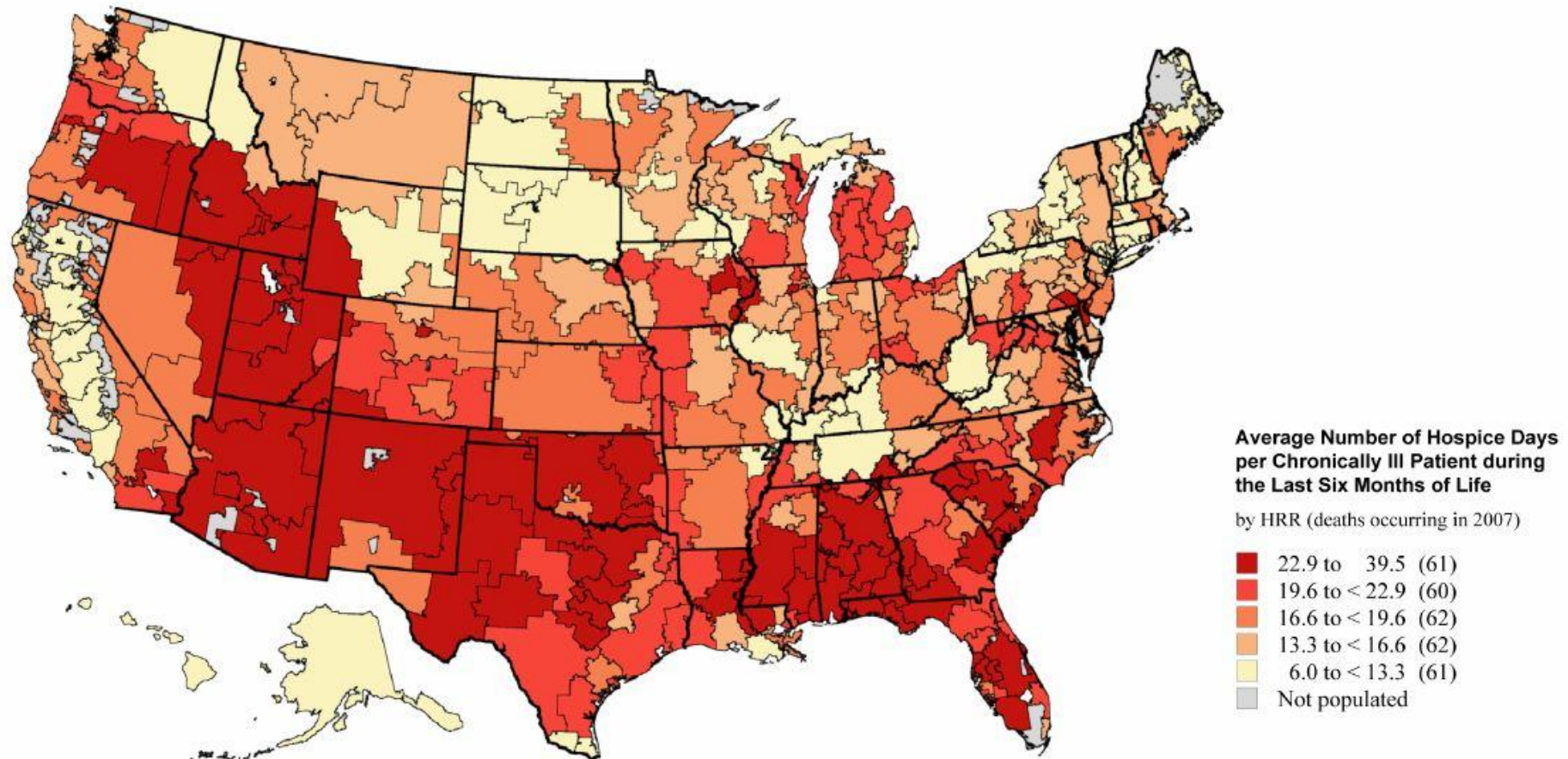
What Do You Call Soft Drinks?



Survey data courtesy of Alan McConchie - popvssoda.com

Based on 120,464 Respondents (through March 1, 2003)

Sortowanie czy Peer Effects?



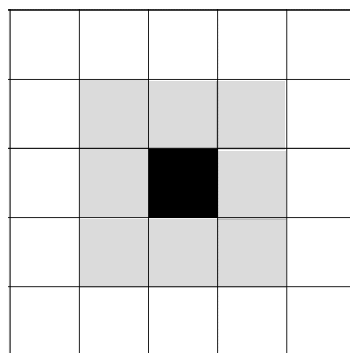
Problem Identyfikacji Modelu?

- Dane pokazujące dynamikę procesu

Topologie



Gramatyka

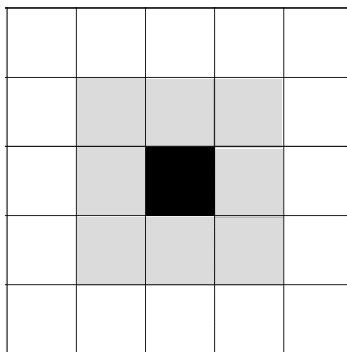


Siatka

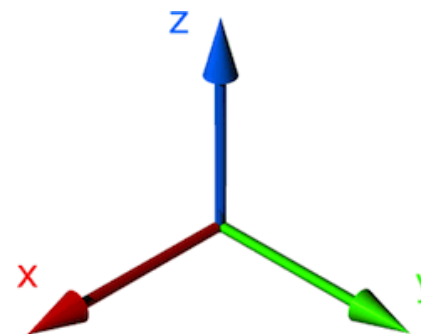
Topologie



Gramatyka



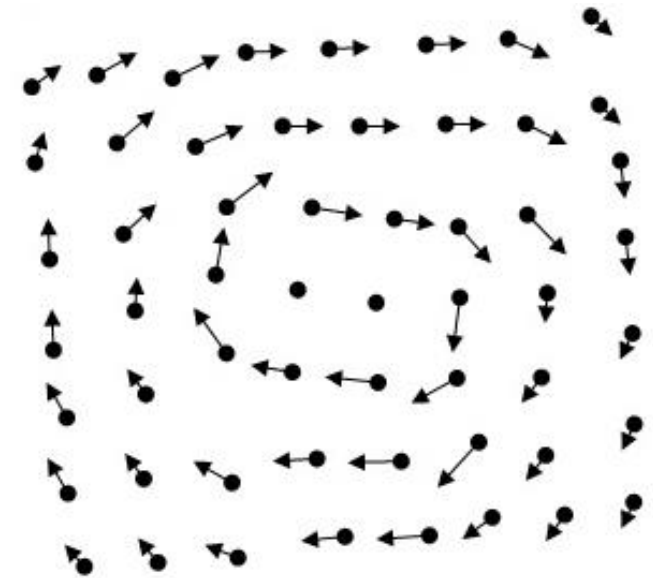
Siatka



Przestrzeń Euklidesowa

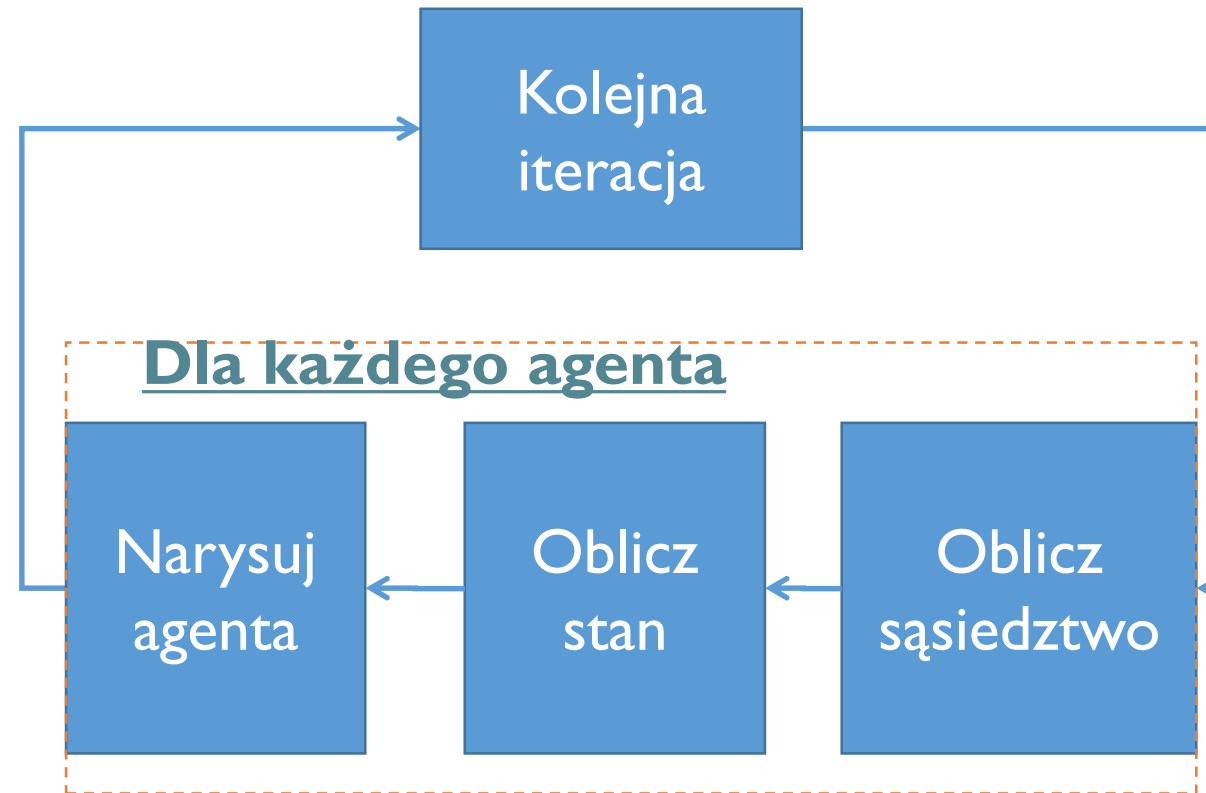
Modelowanie agentowe – przestrzeń Euklidesowa

- Agent to struktura danych która posiada:
 - Pozycje (układzie współrzędnym)
 - Prędkość, orientacje
 - Różne inne parametry...
- Podobnie jak w KA, dynamika modelu wynika z lokalnych interakcji agentów określonych przez reguły interakcje



Dynamika modeli agentowych

- Dana przez interakcje pomiędzy agentami



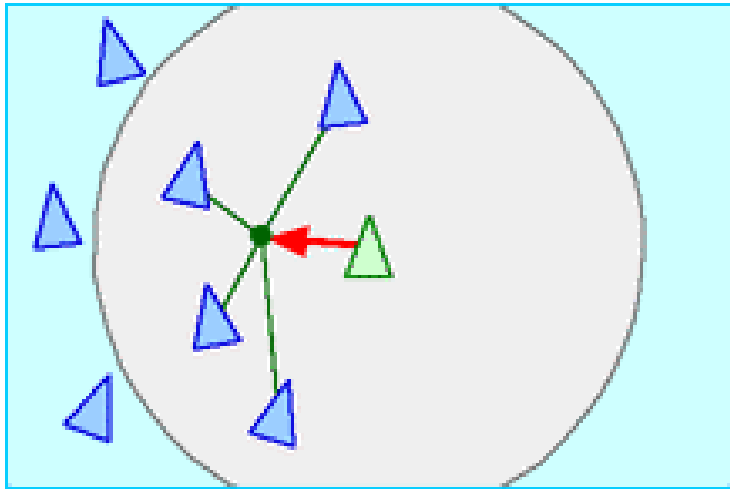
Algorithm stada / bird flocking (C. Reynolds)



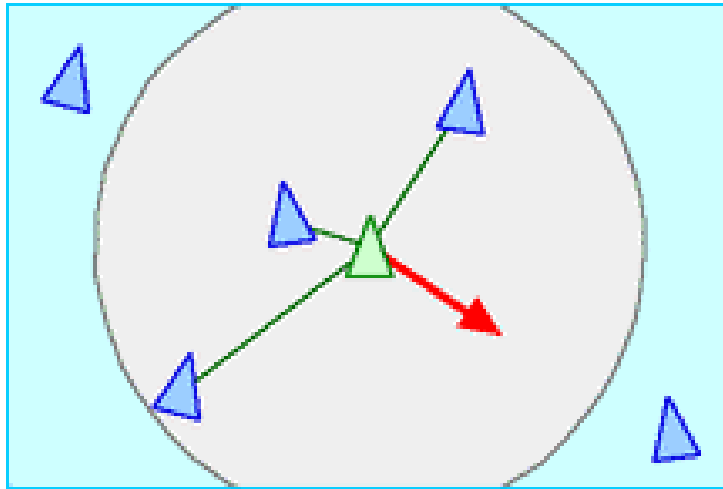
Reynolds, Craig (1987). "Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model." SIGGRAPH '87: Proceedings of the 14th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (Association for Computing Machinery): 25–34

Algorytm stada

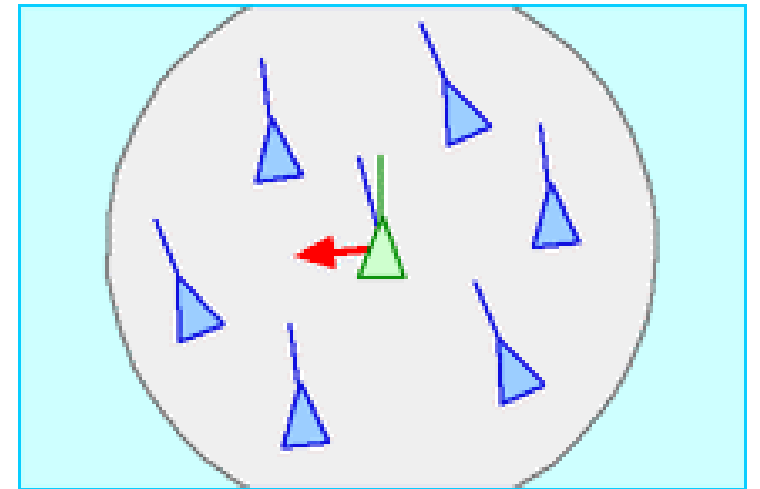
- Agent nazywa się boid i składa się z **pozycji** i **prędkości**
- Reguły interakcji zmieniają prędkość i pozycje agentów



Spójność



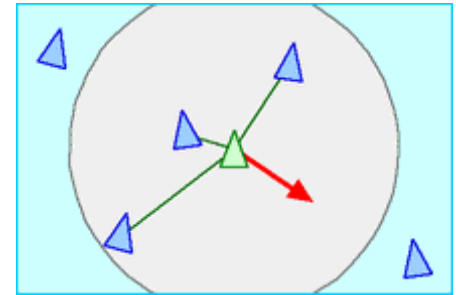
Rozdzielność



Wyrównanie

Sprawdzanie sąsiedztwa

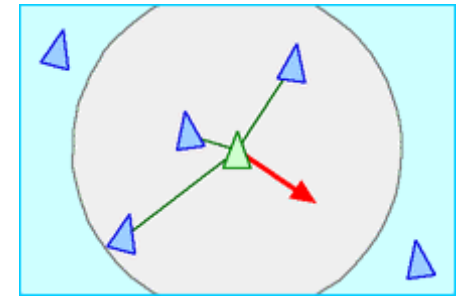
- Dla pozycji $\vec{b}$ danego boida sprawdzamy czy wszystkie inne pozycje boidow $\vec{x}_i$ znajdują się w odległości mniejszej od d :
- $|\vec{b} - \vec{x}_i| < d$



Sprawdzanie sąsiedztwa

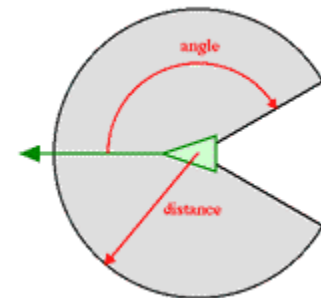
- Dla pozycji $\vec{b}$ danego boida sprawdzamy czy wszystkie inne pozycje boidow $\vec{x}_i$ znajdują się w odległości mniejszej od d :

- $|\vec{b} - \vec{x}_i| < d$



- Dla boidow $\vec{x}_i$ dla których ta nierówność zachodzi sprawdzamy czy kąt odchylenia pomiędzy wektorem prędkości boida $\vec{b}_v$ i wektorem $\vec{b} - \vec{x}_i$ jest mniejszy od $\cos(\alpha)$

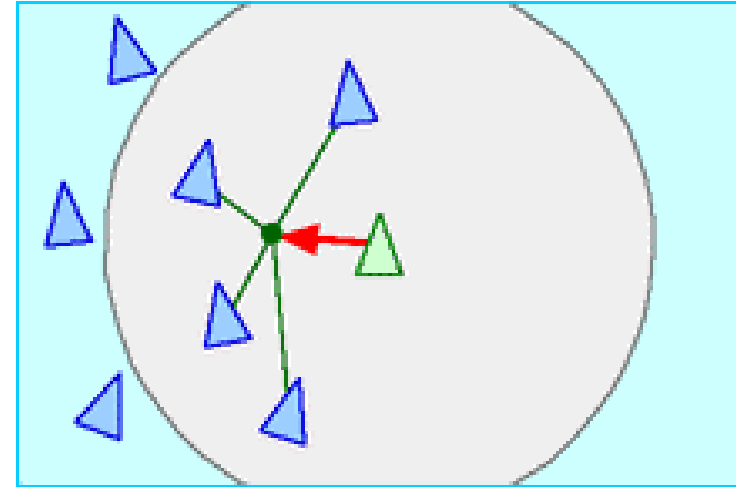
- $\frac{(\vec{b} - \vec{x}_i) \cdot \vec{b}_v}{|\vec{b} - \vec{x}_i| \cdot |\vec{b}_v|} < \cos(\alpha)$



Spójność

Obliczamy wektor skierowany do środka masy lokalnego sąsiedztwa

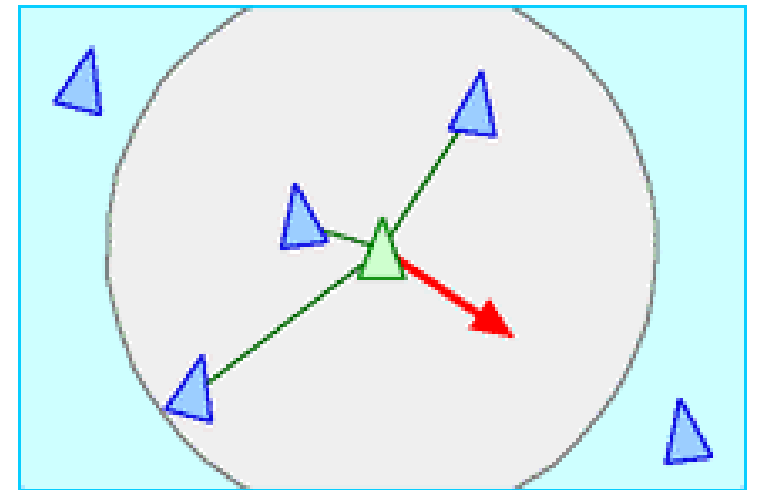
$$\bullet \vec{v}_1 = \frac{\sum_1^n \vec{x}_i}{n} - \vec{b}$$



Spójność

Rozdzielność

- Pseudokod:
- $\vec{v}_2$ wektor zerowy
- Dla wszystkich sąsiednich boidów $\vec{x}_i$
 - Gdy $|\vec{b} - \vec{x}_i| < \text{min}$
 - To $\vec{v}_2 = \vec{v}_2 - (\vec{b} - \vec{x}_i)$
- Zwróć $\vec{v}_2$

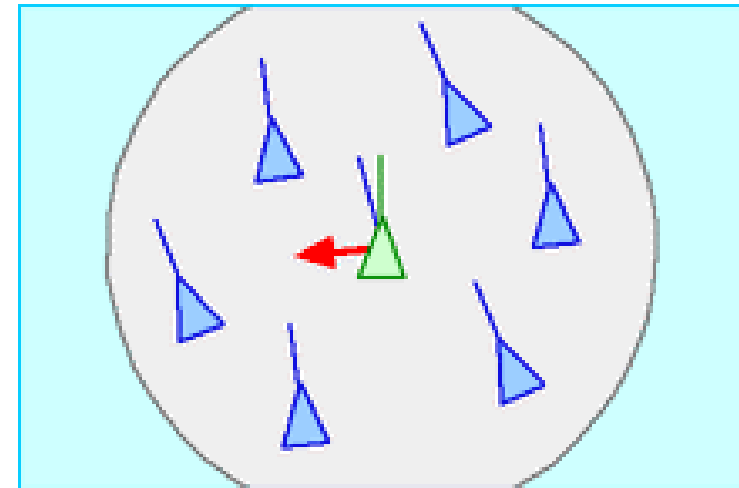


Rozdzielność

Wyrównanie

- Obliczamy średnią prędkość wszystkich sąsiadów $\vec{x}_{v_i}$ i ustalamy nową prędkość $\vec{v}_3$

- $$\vec{v}_3 = \frac{\sum_1^n \vec{x}_{v_i}}{n} - \vec{b}_v$$



Wyrównanie

Wazony Ruch boidow

- Prędkość:

- $\vec{b}_v = \vec{b}_v + w_1 \vec{v}_1 + w_2 \vec{v}_2 + w_3 \vec{v}_3$

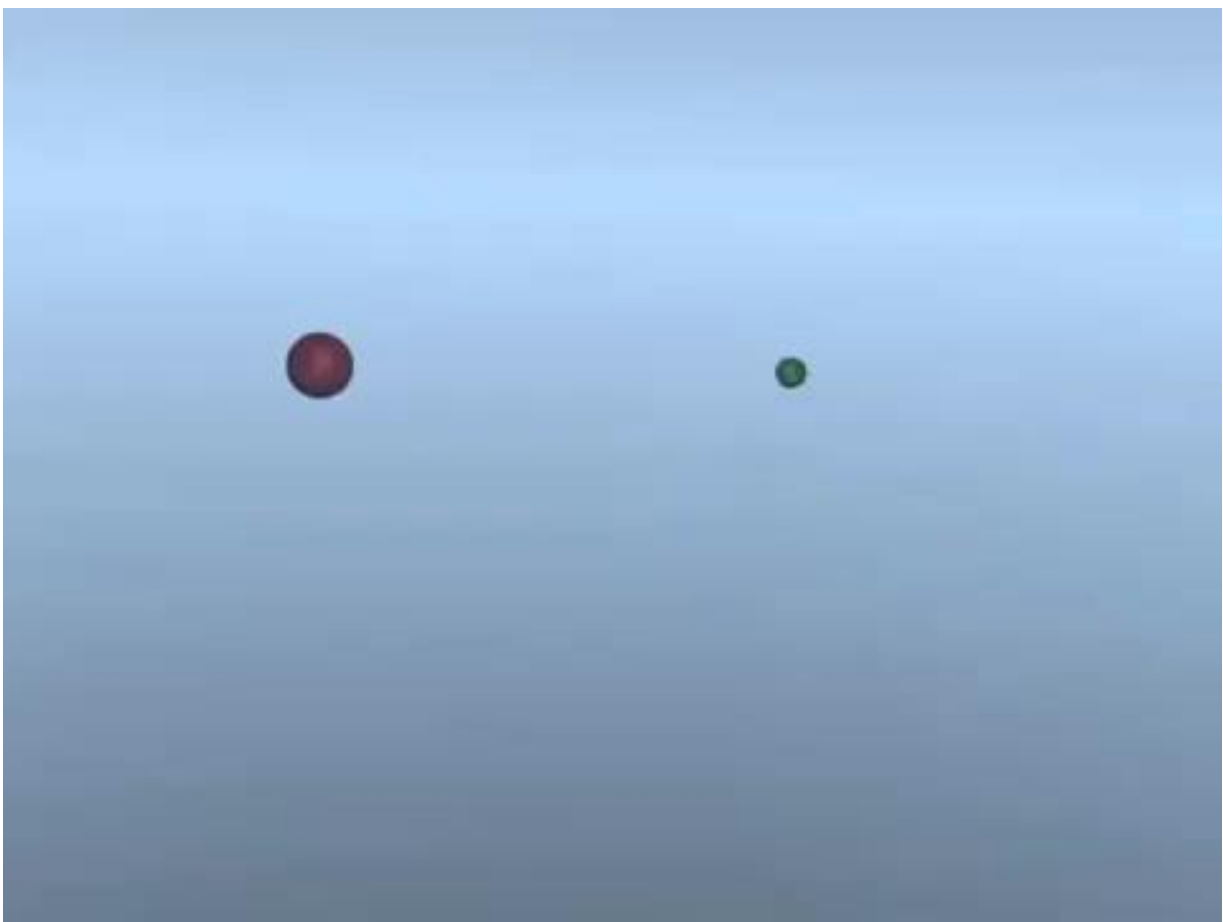
Wazony Ruch boidow

- Prędkość:

- $\vec{b}_v = \vec{b}_v + w_1 \vec{v}_1 + w_2 \vec{v}_2 + w_3 \vec{v}_3$

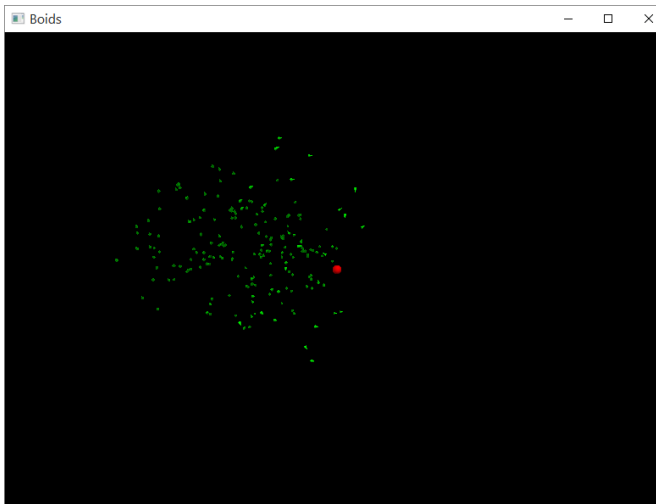
- Pozycja:

- $\vec{b} = \vec{b} + \vec{b}_v$



Zadanie

- Zaimplementuj algorytm stada stosując moduł vPython
- Zastanów się jak dodać atraktor w środku sceny wokół którego boidy będą się przemieszczać
- Rysowanie boidów w vpython może być realizowane np. za pomocą stożków (`cone()`)



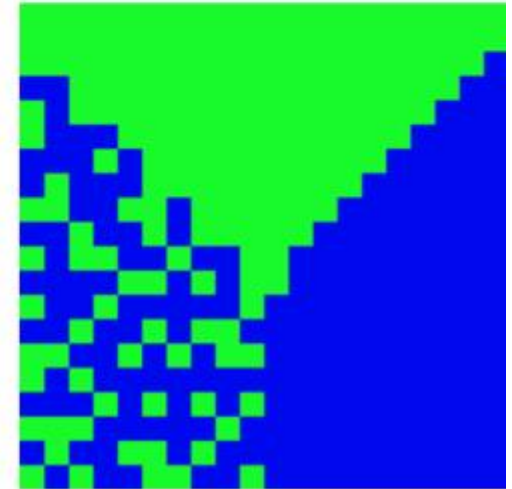
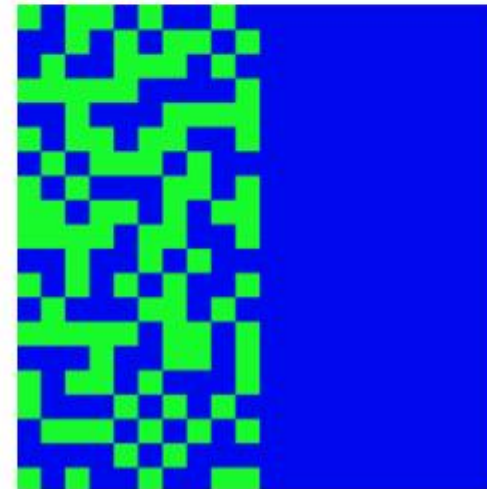
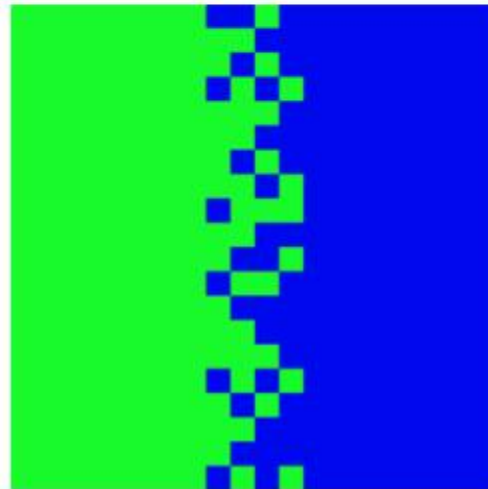
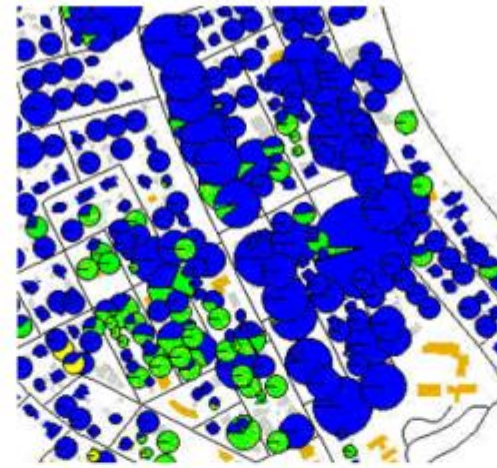
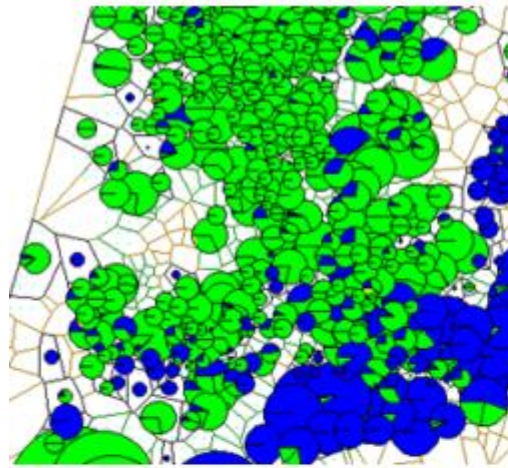
Ant trails

- presentation of phenomenon
- implementation of model
- quantification



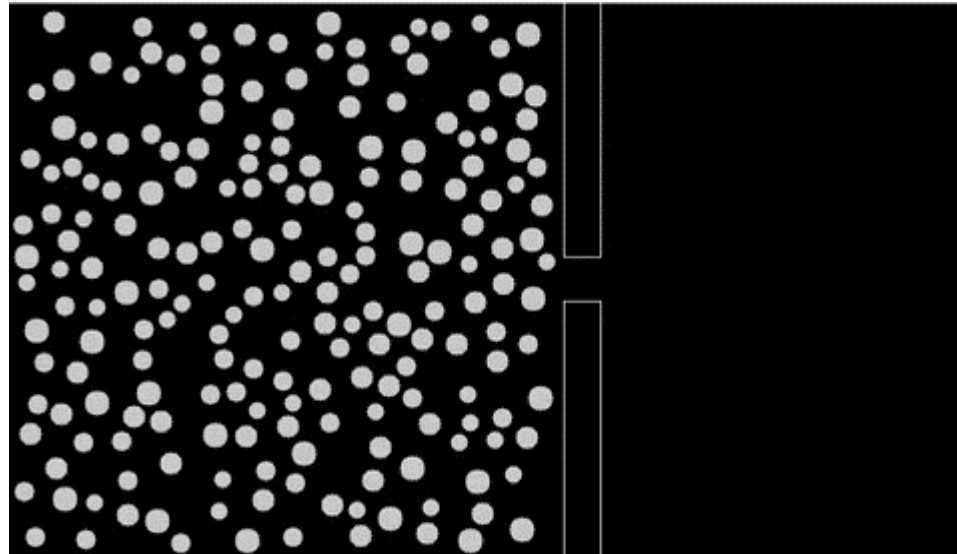
Urban modeling

- pick a paper
- present
- possible implementation



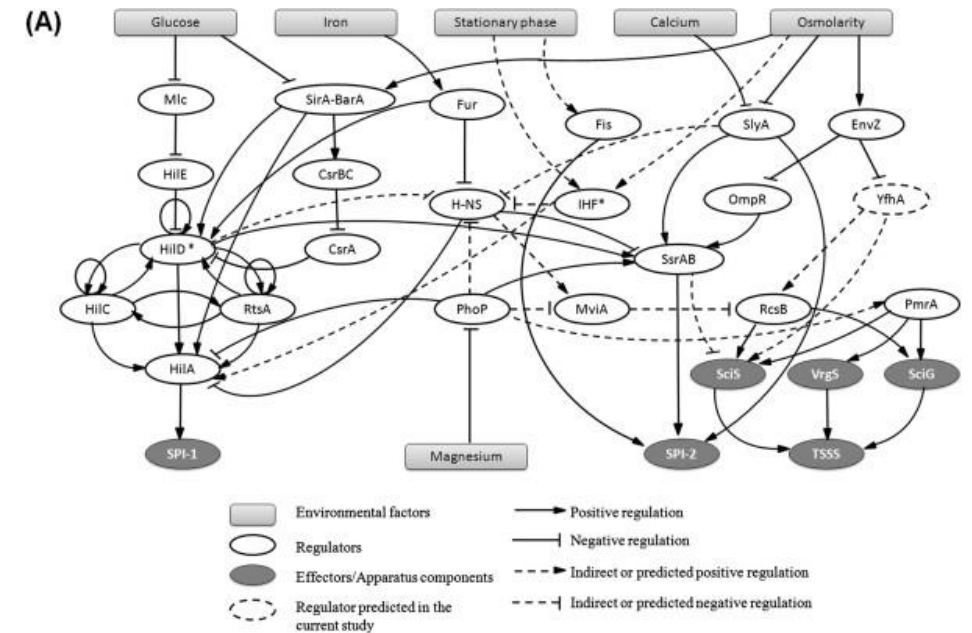
Social Force Model

- Dirk Helbing, Illés Farkas & Tamás Vicsek, **Simulating dynamical features of escape panic.** *Nature* 407, 487-490 (28 September 2000)



Boolean nets of gene regulation

- pick a paper
- present
- possible implementation



* HlID and IHF are known to counteract the H-NS mediated repression of SsrAB and HlIA respectively

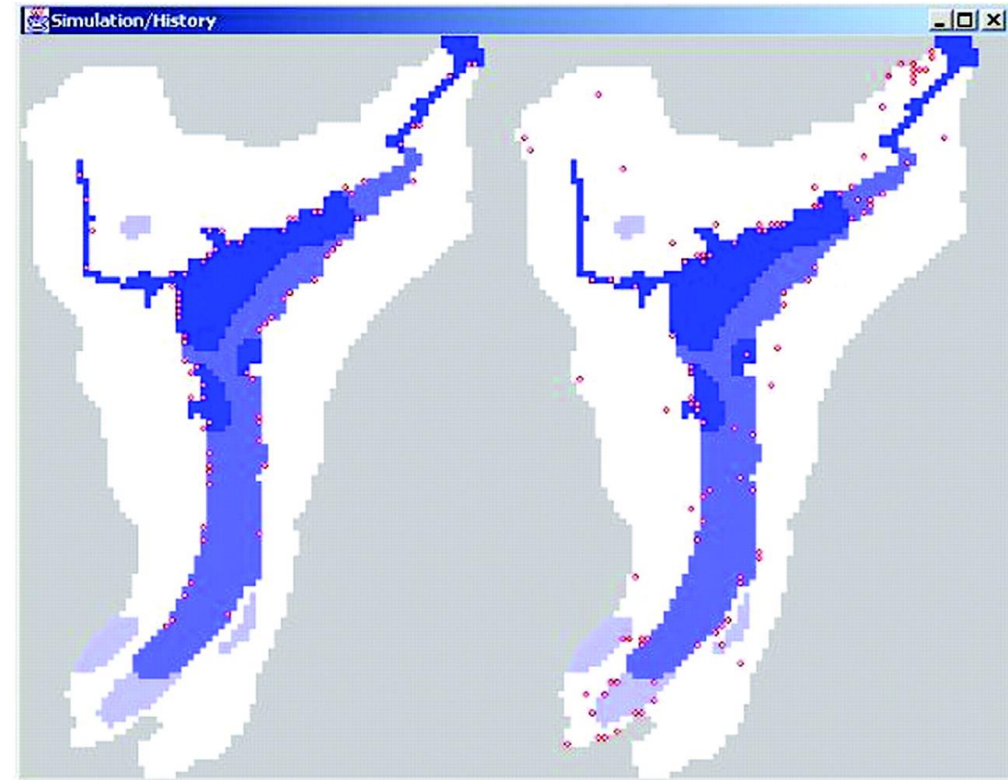
(B)

Initial states for simulation	Glucose	Iron	Magnesium	Calcium	Osmolarity	Stationary phase	Mlc	HlE	HlD	HlC	RtsA	HlIA	IHF	SirA-BarA	CsrBC	CsrA	Fur	H-NS	PhoP	SlyA	SsrAB	Fis	EnvZ	OmpR	YnfA	MviA	RcsB	PmrA	ScdS	VrgS	ScdG	SPI-1	SPI-2	TSSS	
Simulation 1 (Intestinal lumen)	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Simulation 2 (Intra-macrophageal environment)	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

N.B. The Grey cells indicate the active nodes with value 1

Virtual Anasazi

- Virtual Anasazi: Modeling a Socio-Economic System of the Past, Gumerman 2001
- Present Paper



Opinion Dynamics

- Quantitative Agent Based Model of Opinion Dynamics: Polish Elections of 2015, Sobkowicz
- Present Paper

