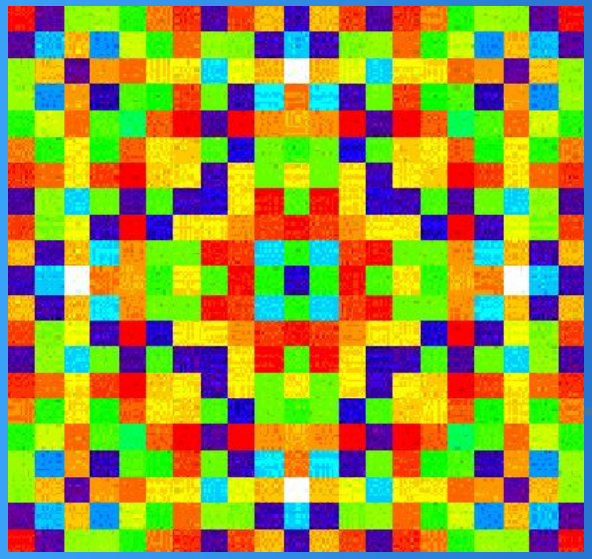
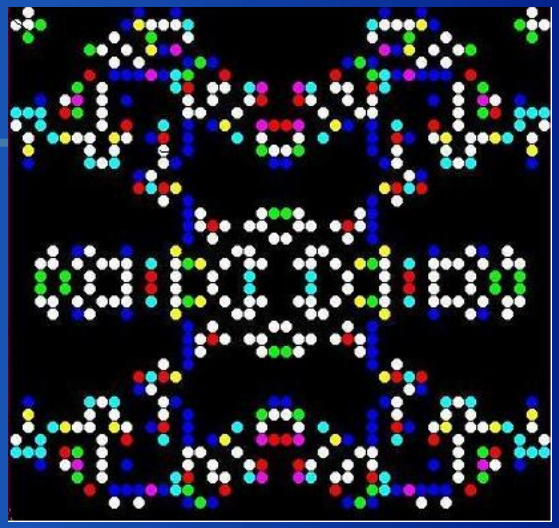
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
w Bydgoszczy
Zakład Informatyki

automaty komórkowe





cellular automata

Definicja intuicyjna

Automat komórkowy to system składający się z pojedynczych komórek, znajdujących się obok siebie. Ich układ przypomina szachownicę lub planszę do gry. Każda z komórek może przyjąć jeden ze stanów, przy czym liczba stanów jest skończona, ale dowolnie duża. Stan komórki zmieniany jest synchronicznie zgodnie z regułami mówiącymi, w jaki sposób nowy stan komórki zależy od jej obecnego stanu i stanu jej sąsiadów.

Czym mogą być automaty komórkowe?

- układami symulującymi procesy fizyczne,
- rozwiązaniem problemu matematycznego, obliczenia równoległe,
- obiektami matematycznymi, procesów dynamicznych.

historia

- Za twórcę automatów komórkowych uważa się **John'a von Neumann'a**,
- Pracami Neumanna zainteresował się dopiero **Edgar Frank Codd**,
- 1983 roku **Stephen Wolfram** dokonuje klasyfikacji automatów komórkowych
- koncepcja **Stanisława Ulama**, którego możemy nazwać autorem określenia automatu komórkowego jako „fizyki urojonej"
- **John H. Conway**, angielski matematyk, twórca automatu Life,

Polskie zdjęcie paszportowe Stanisława Ulama, 1935

Podział wg Wolframa

- **Klasa I** Automaty niezmienne – ewoluują do czasu, kiedy wszystkie komórki osiągną identyczny stan niezależnie od stanu początkowego (zbieżne).
- **Klasa II** Automaty ewoluujące do stanu stabilnego lub okresowych wzorców (okresowe).
- **Klasa III** Automaty wykazujące nieporządek zarówno lokalnie jak i globalnie, nie wykazujące żadnego wzorca (chaotyczne).
- **Klasa IV** Automaty wykazujące bardziej złożone, długotrwałe zachowanie ("żywe").

definicja,

może od tego zacząć ?

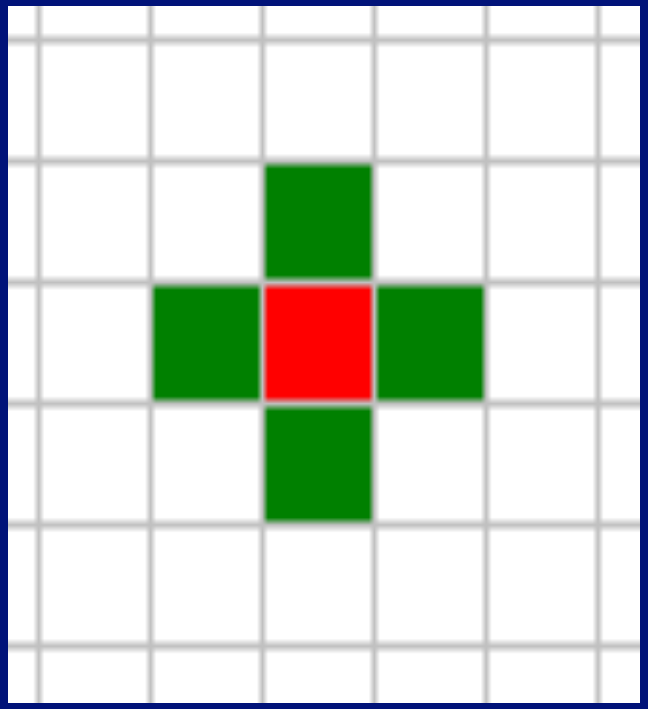
- Sieć komórek **{i}** przestrzeni **D**-wymiarowej,
- Zbiór **{s_i}** stanów pojedynczej komórki, zawierający **k** elementów,
- Reguła **F** określająca stan komórki w chwili t+1 w zależności od stanu w chwili **t** tej komórki i komórek otaczających,

definicja,

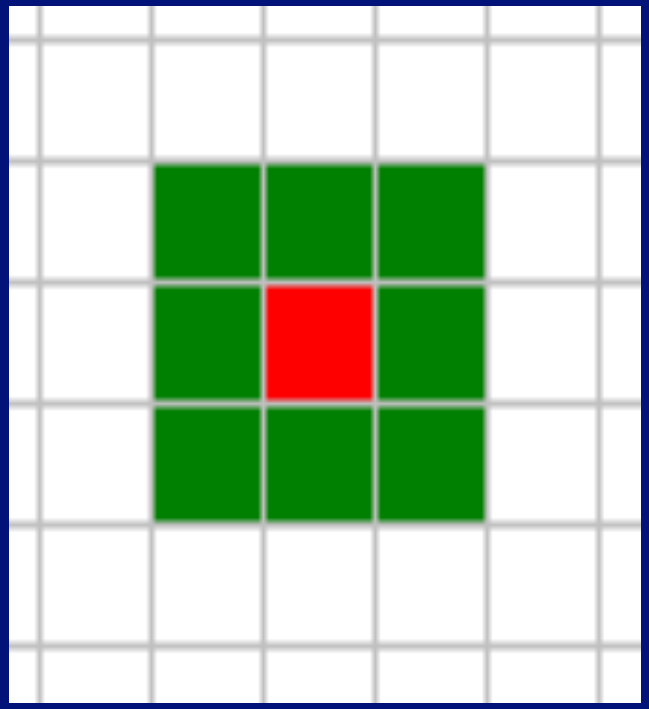
- Promień **r** otoczenia, gdy r=1 argumentem funkcji przejścia są najbliżsi sąsiedzi komórki,
- Notacja (k,r), określa jedynie ilość stanów pojedyńczej komórki, promień otoczenia, (notacja nie podaje wymiaru sieci)

Koncepcje otoczenia, sąsiedztwa

Neumann'a



Moore'a



Automaty jednowymiarowe

- reprezentowany przez skończony ciąg zmiennych,
- Zmienne najczęściej mogą przyjmować dwie wartości - 0 lub 1,
- Reguła AC: *"jeżeli lewa i prawa komórka są różne, to żyj"*, inaczej "reguła 90".

Automaty jednowymiarowe, reguła 90

jeżeli lewa i prawa komórka są różne, to żyj

	7	6	5	4	3	2	1	0
Wartości funkcji przejścia	111	110	101	100	011	010	001	000
90 dec =	0	1	0	1	1	0	1	0

- reguła jest równoważna działaniu XOR na stanach sąsiadów komórki cen
- za pomocą tej reguły można uzyskać fraktal: dywan Sierpińskiego.

Automat Conwaya „Life"

- Zdefiniowany na dwuwymiarowej sieci kwadratowej, D=2,
- Dwu elementowy zbiór stanów każdej komórki k=2, żywa „1" lub martwa „0",
- Otoczeniem i-tej komórki, są komórki stykające się z nią krawędziami lub rogami – otoczenie Moore'a

„Life" funkcja przejścia

- jeśli w otoczeniu komórki (nie licząc jej samej) są w czasie t trzy komórki żywe, to w czasie (t + 1) ta komórka jest żywa,
- jeżeli w jej otoczeniu w czasie t są dwie komórki żywe, a ona sama również jest żywa, to pozostaje żywa również w czasie t + 1,
- w pozostałych przypadkach jest ona martwa w czasie t + 1

Automaty dwuwymiarowe – „MRÓWKA LANGTONA"

„mrówka", wymyślona w latach 80 przez Chrisa Langtona,

Pomiędzy kolejnymi iteracjami pamiętane są następujące wartości:

1. pozycja mrówki (x,y);
2. kierunek w jakim poruszała się mrówka, (N, S, E, W).

MRÓWKA LANGTONA, w chwili *t+1* ...

- jeżeli bieżące pole jest aktywne, zmień kierunek w jakim porusza się mrówka o 90 stopni w prawo;
- jeżeli bieżące pole jest nieaktywne, zmień kierunek w jakim porusza się mrówka o 90 stopni w lewo;
- zmień stan komórki w jakiej znajduje się mrówka i przesuń mrówkę o jedną komórkę do przodu.

Modelowanie ruchu drogowego

- MODEL „*Choparda-Luthuego-Queloza*” („*PODSTAWOWY*”);
- MODEL „*Nagela-Schreckenberga*”;
- MODEL „*Chowdhuryego-Schadschneidera*”

Model „podstawowy"

- zdefiniowanych przez Wolframa i odpowiada regule o numerze 184
- ruch pojazdów na jednokierunkowej i jednopasmowej drodze;
- komórek może przyjąć jeden z dwóch stanów – 0 (wolna) lub 1(zajęta);
- samochody poruszają się w tym samym kierunku, przesuwając się jednocześnie o co najwyżej jedną pozycję, kiedy komórka docelowa jest pusta (ma wartość 0)

Model „podstawowy"

Ruch samochodu opisujemy wzorem:

$$n_i(t+1)=n_i^{in}(t)(1-n_i(t))+n_i(t)n_i^{out}(t)$$

gdzie:

- $n_i(t)$ – stan komórki numer i w chwili t; n_i
- $n_i^{in}(t)$ – stan komórki numer $i-1$ w chwili t;
- $n_i^{out}(t)$ – stan komórki numer $i+1$ w chwili t.

ZASTOSOWANIE, Modelowanie ruchu drogowego

- Pierwsza na świecie **centrala monitorująca** sytuację na drodze powstała w Niemczech, Zagłębie Ruhry;

- **http://www.autobahn.nrw.de;**
- Przeprowadzono badania reakcji kierowców na informacje o natężeniu ruchu, wyodrębniono 3 grupy zachowań:

-

Przeprowadzono badania reakcji kierowców na informacje o natężeniu ruchu,wyodrębniono 3 grupy zachowań:

„wrażliwe” (44%)	*„konserwatyści” (42%)*	*„stoicy” (14%)*
reaguje nawet na najmniejsze niebezpieczeństwo powstania zatoru, natychmiast zmieniając trasę na inną	przeważnie nie zwraca uwagi na komunikaty drogowe, niechętnie zmieniając przy tym trasę swojej podróży	całkowicie „odporna” na ostrzeżenia o korkach, nie zmieniały swojej drogi

literatura

- **Krzysztof Kułakowski, Automaty komórkowe, http://www.ftj.agh.edu.pl/~kulakowski/AC/skrypt.pdf**
- **Stephen Wolfram: Articles on Cellular Automata, http://www.stephenwolfram.com/publications/articles/ca/**
- **Burzynski M., Cudny W., Kosinski W., Traffic flow simulation - cellular automata with fuzzy rules approach**
- **Cellular Automata And the Edge of Chaos http://math.hws.edu/xJava/CA/**
- **Expansion for the motorway network http://www.autobahn.nrw.de/**
- **Maciej Bartodziej Politechnika Wrocławska: Modelowanie ruchu ulicznego za pomocą automatów komórkowych**

Dziękuję za uwagę.