

# Моделювання процесів за допомогою модифікованих клітинних автоматів

Керівник к. ф.-м. н., доц. О. П. Жежерун  
Виконав Іван Криворучко  
[gildraug@gmail.com](mailto:gildraug@gmail.com)

# Постановка задачі

- Модифікація стандартних клітинних автоматів:
  - вихідний інформаційний канал
  - керуючий інформаційний канал
- Моделювання економічної взаємодії покупців, підприємств, держави.
- Візуалізація клітинних автоматів.

# Клітинний автомат

- Клітинні автомати - особливий клас дискретних динамічних систем, дискретними в яких є час, простір та множина станів.
- Об'єднання однакових комірок (клітин), з'єднаних між собою.
- Клітина виступає скінченним автоматом, стан якого на кроці  $t+1$  визначається станом сусідів та самої клітини на попередньому кроці  $t$  та набором локальних правил взаємодії сусідніх клітин.
- На кожному кроці функція переходу застосовується до кожної клітини водночас.

# Вихідний інформаційний канал

- На кожній ітерації:
  - збирає інформацію про поточний стан автомату
  - певним чином агрегує її
  - відсилає "у зовнішній світ"
- Спрощує визначення зупинки автомату
- Отримана інформація використовується для визначення особливостей роботи наступної модифікації

# Керуючий інформаційний канал

- На кожній ітерації:
  - перевіряє наявність команди у каналі
  - якщо є, приймає її
  - після отримання змінює функцію переходу автомату для всіх подальших ітерацій
- Дозволяє деяким чином усунути детермінованість автомату.
- Надає користувачу змогу впливати на працюючий автомат.

# Економічна модель

- Покупець:
  - Обирає та купує товар
  - З певною ймовірністю втрачає поточний товар
- Підприємство:
  - продає товари покупцям
  - платить податки державі
  - визначає вартість товару
  - визначає тип оподаткування
  - підтримує наявність товару у покупців
- Держава:
  - збирає податки
  - підтримує соціальне забезпечення “суспільства”

# Економічна модель

- Клітини — покупці.
- Стани клітин:
  - М типів — відповідає товару одної з М компаній
  - 1 тип — без товару
- Рівень податків та цін встановлюється за допомогою команд на основі даних із вихідного каналу.

# Економічна модель

- Функція корисності покупця  $(i,j)$  для товару компанії  $k$ :

$$U_{i,j}(k) = (b_{i,j}(k)/nn)^a * s(k) * pr(k)^p$$

- Типи оподаткування:
  - Фіксований
  - на дохід
  - на оборот



# Візуалізація: технології

- Single Page Application
- ClojureScript
- React/Om для генерації та відображення HTML
- Om/core.async для керування даними
- Код (GitHub):  
<https://github.com/gsnemark/beatha>
- Застосування (GitHub Pages + Travis-CI): <https://gsnemark.github.io/beatha/>

# Візуалізація: головне меню

## Cellular automata experiments

---

Game of Life

Unrestricted language parser

Economic model

# Візуалізація: базовий автомат

[illegible]

# Візуалізація: модифікований автомат

Menu

Start

Output information channel

a as a wildcard ☐

**b as a wildcard**

Send command

## Reset command

Result:  
word is  
parsed

### Grid width

10

### Grid height

10

## Reset grid

### Display width

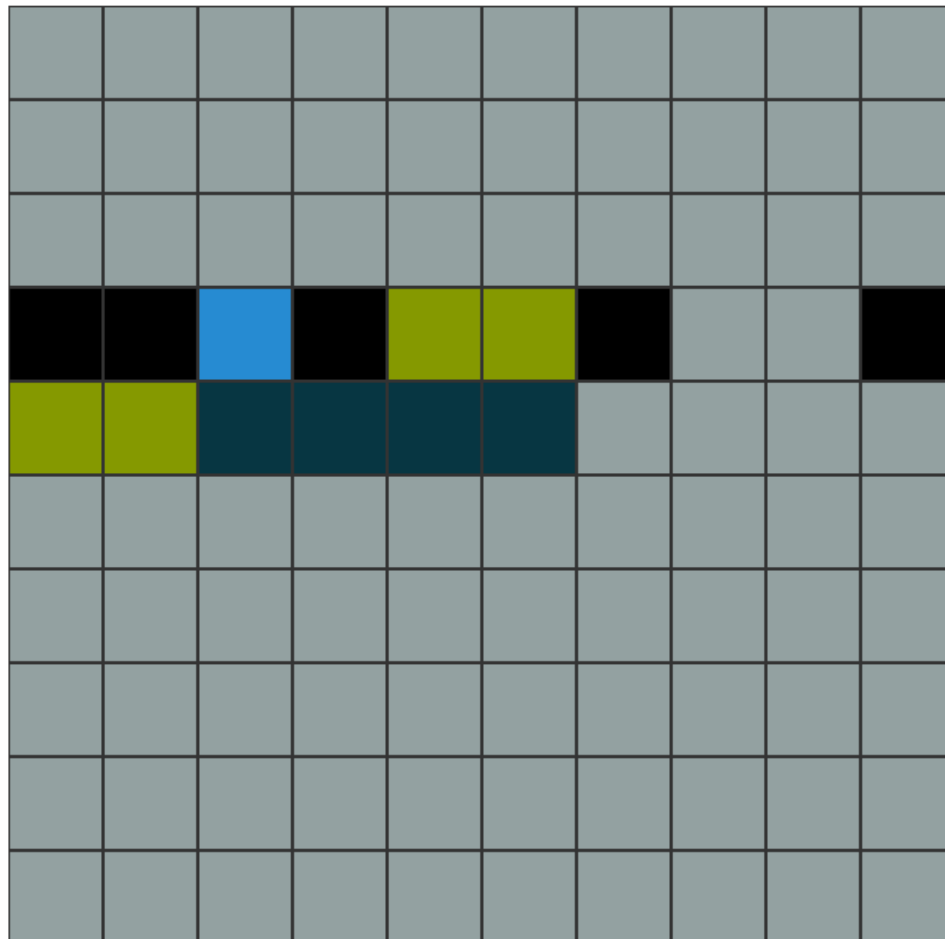
580

### Display height

580

## Reset display

Iteration: 13



# Візуалізація: економічна модель

Menu

Start

Tax rate (%)  
5

Income tax rate (%)  
10

Fixed tax  
2000

Base depreciation rate (%)  
3

Utility param a  
1

Utility param p  
-1

Send command

Reset command

Quantity of corporations  
4

Year period (num. of iterations)  
12

Stop after iteration (0 - never)  
0

Update

Grid width  
10

Grid height  
10

Reset grid

Display width  
580

Display height  
580

Reset display

Output information channel

**Capital**  
Government: 37271.79753086419  
Corporation 1: 55000.50000000000  
Corporation 2: 45229  
Corporation 3: 13516.444444444447  
Corporation 4: 41042.066666666668

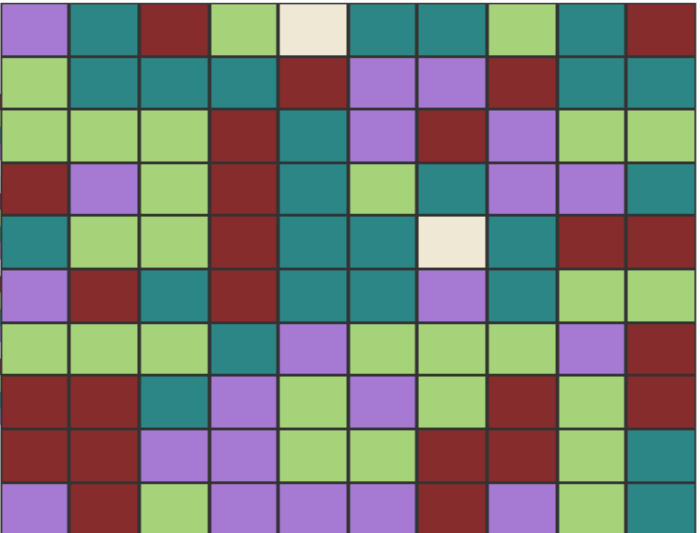
**Market share**  
Without good: 2%  
Corporation 1: 28%  
Corporation 2: 28%  
Corporation 3: 25%  
Corporation 4: 21%

**Good prices**  
Corporation 1: 19.75308641975309  
Corporation 2: 40  
Corporation 3: 29.629629629629633  
Corporation 4: 64

**Taxation types**  
Corporation 1: rate  
Corporation 2: rate  
Corporation 3: income-rate  
Corporation 4: rate

**Tax rate: 5%**  
**Income tax rate: 10%**  
**Fixed tax: 2000**  
**Base depreciation rate: 3%**  
**Utility function params:**  
a: 1 p: -1

Iteration: 5



# Перспективи розвитку

- Можливість уникати сплати податків.
- Моделювання найму працівників.
- Розподіленість застосування.

# Результати

- Створене веб-застосування візуалізації клітинних автоматів.
- Наведення прикладів позитивного впливу розширення клітинних автоматів інформаційними каналами на зручність використання інструменту.
- Створення моделі ринку високотехнологічних товарів за допомогою розширеного автомату.

Дякую за увагу