

Оптимизации поиска приближенных решений в эволюционирующих клеточных автоматах

Отчет по преддипломной практике
студента 451 группы А. А. Григорьева

Саратовский государственный университет
им. Н. Г. Чернышевского

Кафедра математической кибернетики
и компьютерных наук

Научный руководитель: доцент Семенов М. С.

2020г.

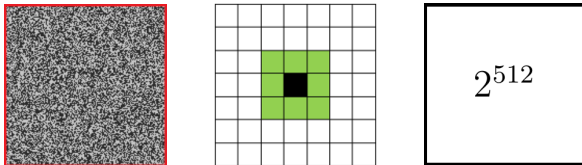


Рис.: Элементы двумерного клеточного автомата первого порядка с возможными состояниями ячеек 0 и 1.

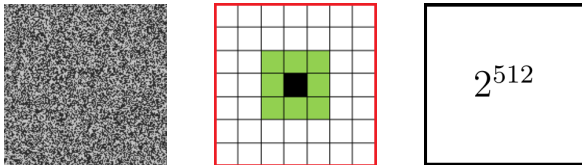


Рис.: Элементы двумерного клеточного автомата первого порядка с возможными состояниями ячеек 0 и 1.

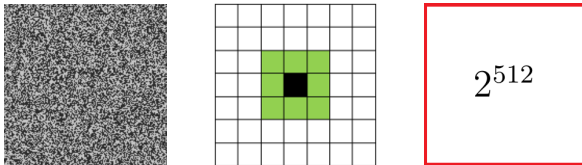


Рис.: Элементы двумерного клеточного автомата первого порядка с возможными состояниями ячеек 0 и 1.

- 1 Создание приложения для моделирования клеточных автоматов.
- 2 Написание эффективного генетического алгоритма для поиска автоматов, воспроизводящих целевое изображение.
- 3 Проведение экспериментов и сбор статистики для последующего определения лучших параметров модели.

Цель эксперимента — стабильное воспроизведение
клеточными автоматами целевого изображения
(паттерна).

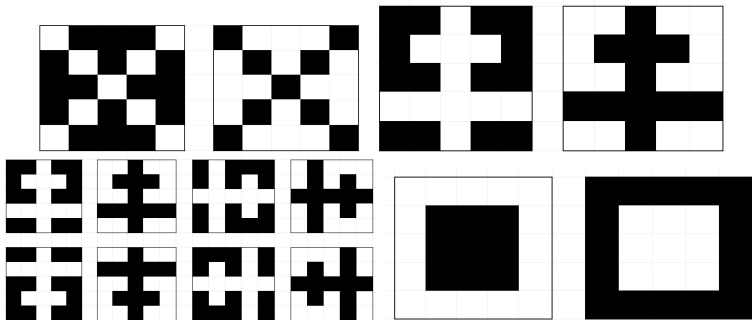


Рис.: Примеры паттернов.

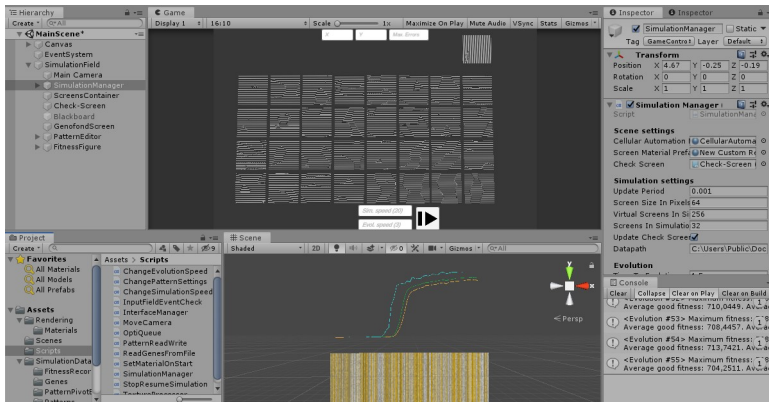


Рис.: Снимок экрана внутри среды разработки Unity.

Создана программа для обновления множества клеточных автоматов с визуализацией на шейдерах.

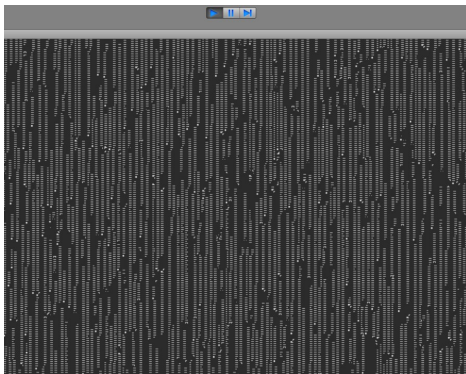


Рис.: Визуализация клеточного автомата.

Для «обучения» клеточных автоматов воспроизводить паттерн, использовался генетический алгоритм.

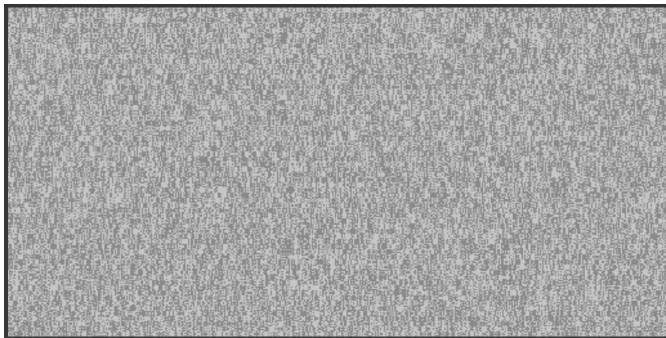


Рис.: Генофонд популяции клеточных автоматов в начале эксперимента. По оси X — биты генов от 0 до 512, по оси Y — клеточные автоматы в популяции (256)

Для «обучения» клеточных автоматов воспроизводить паттерн, использовался генетический алгоритм.

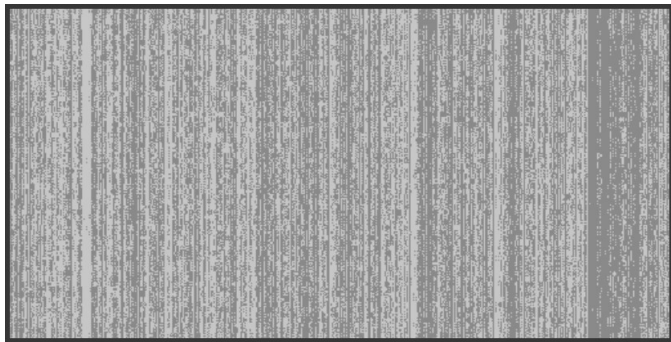


Рис.: Генофонд популяции клеточных автоматов в конце эксперимента. По оси X — биты генов от 0 до 512, по оси Y — клеточные автоматы в популяции (256)

Начиная каждую итерацию в случайном состоянии, клеточный автомат способен воспроизводить заданные паттерны.

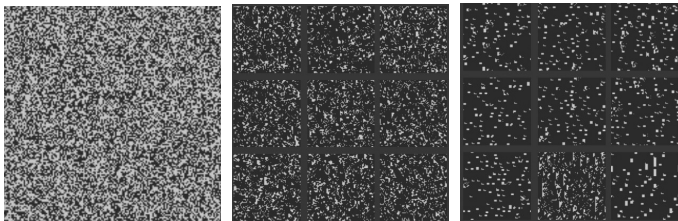


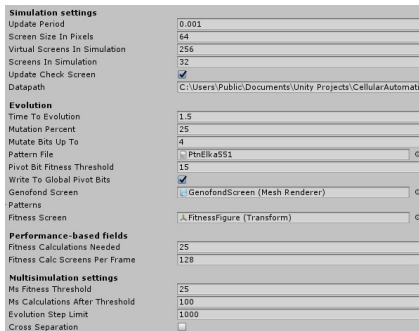
Рис.: Клеточный автомат на первой, десятой и сотой итерации.

Особое внимание уделялось оптимизации алгоритмов.

Total	Self	Calls	GC Alloc	Time ms	Self ms	Self	Calls	GC Alloc	Time ms	Self ms
99.1%	0.0%	2	16.2 MB	4543.61	0.06	0.0%	2	22.0 KB	164.77	0.05
99.0%	0.0%	1	16.2 MB	4536.29	0.00	0.0%	1	22.0 KB	162.96	0.00
99.0%	0.0%	1	16.2 MB	4536.29	0.01	0.0%	1	22.0 KB	162.96	0.01
99.0%	0.0%	1	16.2 MB	4536.23	0.00	0.0%	1	22.0 KB	162.82	0.00
99.0%	0.0%	1	16.2 MB	4536.23	0.06	0.0%	1	22.0 KB	162.82	0.05
99.0%	0.0%	1	16.2 MB	4535.46	0.86	0.0%	1	22.0 KB	140.82	0.04
90.9%	0.0%	1	110.0 KB	4163.74	0.17					
90.8%	0.0%	256	110.0 KB	4162.75	0.30	81.3%	256	22.0 KB	140.75	140.72
90.8%	0.0%	256	110.0 KB	4159.79	0.55	0.0%	256	0 B	0.01	0.01
90.7%	16.1%	256	110.0 KB	4158.49	737.58	0.0%	256	0 B	0.01	0.01
37.4%	11.6%	4194304	0 B	1716.87	535.87	12.0%	256	0 B	20.76	20.76
14.1%	8.5%	4227072	0 B	648.66	391.01	0.3%	1	0 B	1.13	0.58
14.0%	8.4%	4194304	0 B	645.64	388.23	0.0%	512	0 B	0.02	0.02
4.0%	4.0%	4194304	0 B	187.52	187.52	0.0%	32	0 B	0.01	0.00
0.8%	0.0%	256	100.0 KB	40.60	0.05	0.0%	33	0 B	0.00	0.00
0.2%	0.0%	256	0 B	12.95	0.06	0.0%	32	0 B	0.00	0.00
0.1%	0.0%	33024	0 B	8.91	4.17	0.0%	2	0 B	0.00	0.00
0.0%	0.0%	256	10.0 KB	0.13	0.13	0.0%	1	0 B	0.00	0.00
0.0%	0.0%	256	0 B	0.27	0.27					

Рис.: Снимки из профилировщика для подсчета приспособленности 256 клеточных автоматов на каждом кадре: до и после.

Создана гибкая программа для конфигурации параметров эксперимента.



Simulation settings	
Update Period	0.001
Screen Size In Pixels	64
Virtual Screens In Simulation	256
Screens In Simulation	32
Update Check Screen	<input checked="" type="checkbox"/>
Datapath	C:\Users\Public\Documents\Unity Projects\CellularAutomati
Evolution	
Time To Evolution	1.5
Mutation Percent	25
Mutate Bits Up To	4
Pattern File	PtnElka551
Pivot Bit Fitness Threshold	15
Write To Global Pivot Bits	<input checked="" type="checkbox"/>
Genofond Screen	GenofondScreen (Mesh Renderer)
Patterns	
Fitness Screen	FitnessFigure (Transform)
Performance-based fields	
Fitness Calculations Needed	25
Fitness Calc Screens Per Frame	128
Multisimulation settings	
Ms Fitness Threshold	25
Ms Calculations After Threshold	100
Evolution Step Limit	1000
Cross Separation	<input type="checkbox"/>

Рис.: Возможность настраивать количество автоматов, процент и количество мутаций, желаемое значение приспособленности особей, количество итераций, на которых происходит подсчет приспособленности, время до этапа эволюции и другое.

Для каждого эксперимента создается график приспособленности, и сохраняется полная история прироста приспособленности.

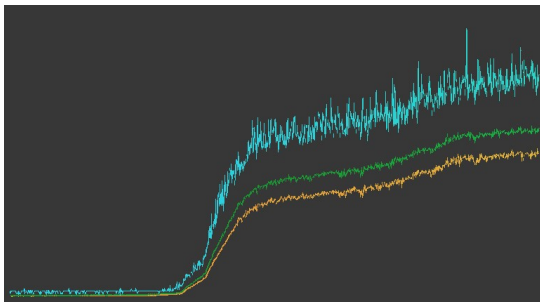


Рис.: График приспособленности.

Программа сохраняет наиболее важные биты правил для поиска закономерностей в правилах для конкретного паттерна.

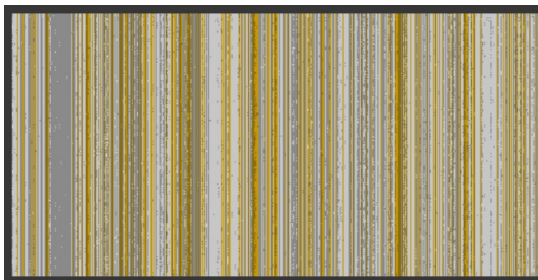


Рис.: «Опорные» биты правил клеточных автоматов выделены оранжевым.

Программа выделяет наиболее важные биты, сохраняющиеся между последовательными запусками эксперимента с одинаковыми параметрами.

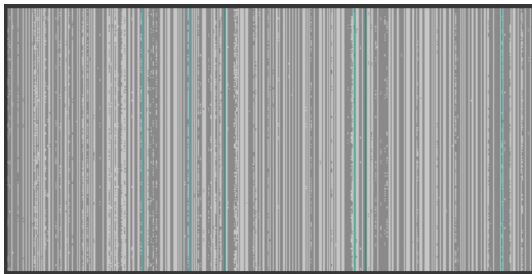


Рис.: Глобальные «Опорные» биты правил клеточных автоматов выделены бирюзовым.

Было проведено 436 экспериментов над 6 видами паттернов используя различные конфигурации генетического алгоритма. Общее время работы экспериментов: 10 дней, 5 часов.

В результате преддипломной практики:

- ❶ создано приложение для моделирования двумерных клеточных автоматов первого порядка и их «обучения» воспроизводить паттерн;
- ❷ проведены эксперименты по воспроизведению разных паттернов, используя несколько конфигураций генетического алгоритма.



Mordvintsev, Alexander and Randazzo, Ettore and Niklasson, Eyvind and Levin, Michael

Growing Neural Cellular Automata

Distill, 2020.



Chavoya, Arturo and Duthen, Yves

Using a genetic algorithm to evolve cellular automata for 2D/3D computational development

Genetic and Evolutionary Computation Conference, 2012.



<https://graphics.stanford.edu/seander/bithacks.html>

Bit Twiddling Hacks



<https://mathworld.wolfram.com/GameofLife.html>

Game of Life

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!