УЧЕНИЧЕСКИ ИНСТИТУТ ПО МАТЕМАТИКА   
И ИНФОРМАТИКА

ДЕСЕТА УЧЕНИЧЕСКА СЕКЦИЯ  
УС’10

Тема на проекта:  
**Клетъчни автомати**

Автор:  
Димитър Маринов Вулджев  
9б клас, НПМГ „Акад. Л. Чакалов“, гр. София

Научен ръководител:  
Руслан Кискинов  
Chief technical officer, Eastisoft

# Съдържание

[Съдържание 2](#_Toc255433661)

[Увод 3](#_Toc255433662)

[Резюме 3](#_Toc255433663)

[Теория за клетъчните автомати 4](#_Toc255433664)

[История 4](#_Toc255433665)

[Същност 5](#_Toc255433666)

[Съседи 5](#_Toc255433667)

[Правила 5](#_Toc255433668)

[Приложение 6](#_Toc255433669)

[Игра на Живот 8](#_Toc255433670)

[Правилата 8](#_Toc255433671)

[Структури 8](#_Toc255433672)

[Инструмент 10](#_Toc255433673)

[Обобщение 11](#_Toc255433674)

[Използвана литература 12](#_Toc255433675)

# Увод

Проучвания в областта на физиката и до голяма степен в биологията показват, че много от сложните системи са съставени от компоненти, работещи на относително прост принцип, например - снежинките, мравуняка и рапана.

Поведенито на подобни системи може да се изследва посредством математически модели наречени „**Клетъчни автомати**[[1]](#footnote-1)“. Клетъчните автомати са създадени от голям брой идентични компоненти, всеки от тях прост, но заедно способни на сложно поведение. Те се разглеждат и като дискретни динамични системи, и като системи за обработка на информация(изчисления).

Теорията за клетъчните автомати има много голям кръг от приложения, но за жалост е доста непопулярна, а информацията на български за нея е изключителоно оскъдна. Целта на този проект е да представи информационна база за естеството на клетъчните автомати и тяхното приложение, а също така и да предостави среда(библиотека) за работа с клетъчните автомати от програмисти за създаването на приложения, използващи теорията на клетъчни автомати.

## Резюме

Първо ще разгледаме същността на клетъчние автомати, както и кратка история на развитието им във времето. По-нататък ще погледнем приложението на клетъчните автомати и ще се запознаем с най-известния вид, а именно „Игра на Живот[[2]](#footnote-2)“. След което ще представя инструмент за работа с клетъчни автомати...... Най-накрая ще завършим като обощим проекта с няколко думи.

# Теория за клетъчните автомати

## История

Работейки в националната лаборатория на Лос Аламос през 40те, **Станислав Улам** изучавал растежа на кристали, използвайки проста решетъчна мрежа за свой модел. По това време, **Джон фон Нойманн**, колега на Улам в Лос Аламос, работел по проблема за самосъздаващи се системи. Първоначалната идея била един робот да създава друг робот. Фон Нойманн открива колко е трудно да се реализира неговия дизайн и колко е голяма цената да снабдиш робот с „море от части“ за създаването на нов робот. Улам предлага на фон Нойманн да разработи модела си на базата на математическа абстракция, подобна на тази, която Улам използва за изучаването на растежа на кристали. Това е раждането на първата система клетъчни автомати.

По-късно през 70те се появява нов вид клетъчни автомати наречен „Игра на Живот“, създаден от **Джон Конуей**. Благодарение на простотата си системата постига голям успех и популярност.

**Стефан Волфрам** написва през 1983г. серия статии, проучващи много основен, но непознат клас клетъчни автомати. А по-късно през 2002г. публикува негови проучваня в книгата “Нов вид наука[[3]](#footnote-3)”, където той доказва, че откритията за клетъчни автомати имат голямо приложение във всички дисциплини на науката.

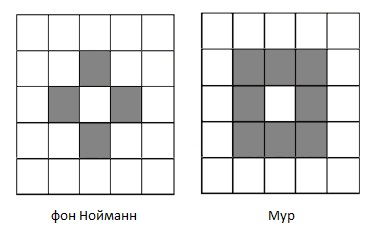
## Същност

Клетъчните автомати е дискретен модел, изучаван в математиката, физиката и теоретичната биология. Състои се от обикновена мрежа ***клетки***, всяка от която има ***състояние*** – „включена“, „изключена“ например. Мрежата може да има различен брой измерения – 1, 2,.. и й се определят размери(може да бъде безкрай). За всяка клетка се определя множество от други относително дефинирани клетки спрямо дадената, наречено ***съседи***, като начина на определяне е еднакъв за всички клетки в мрежата. Инициализира се начална генерация, като на всяка клетка се дава състояние. Всяко следващо поколение се генерира посредством ***правило***, еднакво за всички клетки, което определя новото състояние на дадена клетка, използвайки сегашното й състояние и това на нейните съседи.

Клетките имат определена форма – най-използваната в двуизмерна мрежа е квадрат, други известни форми са триъгълник, шестоъгълник, но може да се използва всяка една, стига да се опише, колко директи съседа има. Състоянието на една клетка може да бъде не само „включена“, „изключена“, а да включва и цвят например.

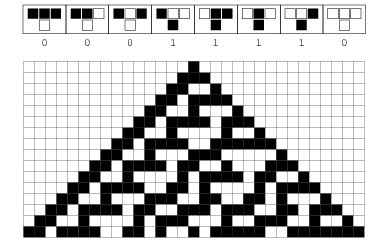
### Съседи

Най-известните видове състедства в двуизмерна мрежа са тези на **Мур** и **фон Нойманн** със съответно по 8 и 4 съседа.



### Правила

Правилата най-често са математически израз или булево съждение. Стефан Волфрам публикува серия от правила за едномерна мрежа, като съседите на една клетка са нейните директни отдясно и отляво плюс самата клетка. Тък като всяка клетна има състояние 1 (вкл.) или 0 (изкл.) следва, че максималният брой комбинации са 8, а всяка комбинация може да дава ново състояние 1 или 0 следователно броят правила за тази среда е 256. Най-известното правило от тази серия е 30. По-долу е показано правилото и първите 16 генерации, зародени от 1 жива клетка.



Съществуват много правила за двумерна мрежа – „Репликатор“, „Ден и нощ“ , но най-известно е „Игра на Живот“ от Джон Конуей което ще разгледаме по-късно.

### Приложение

*Клетъчните автомати са достатъчно прости за да позволят подробен математически анализ, и все пак достатъчно сложни за да покажат широка гама от сложни феномени и поведения.*Стефан Волфрам –

Нека разгледаме някои от приложенията:

#### Генерация на мултимедия

Едно от очевидните приложения на клетъчните автомати е използването им за генериране на сложни и често красиви шарки, създаването на мелодии или просто игра с тях.

#### Криптиография и генериране на псевдо-случайни числа

Клетъчните автомати биха могли да се използват за генератор на псевдо-случайни числа, който после да се използват за криптиране на съобщения или други цели.

Стефан Волфрам признава, че за генерирането на големи числа в Mathematica[[4]](#footnote-4), се използват едномерни клетъчни автомати и **правило 30**, което притежава хаотичен характер.

#### Изследване на поведение

Клетъчните автомати могат да бъдат използвани за моделирането на широка гама от сложни билогични и физични системи. Въпреки че много природни системи като движението на течности или формацията на снежинките могат да бъдат изследвани чрез традиционни математически модели(различни уравнения), клетъчните автомати често предлагат по-прост начин, който съхранява същността на процеса на възникване на сложни природни модели. Според Волфрам, клетъчните автомати са сами по себе си по-ефикасни в анализирането на много природни системи от традиционните изчислителни методи, защото механизмът, намерен в повечето натурални системи, е по-близък до този на автоматите, отколкото на конвенционалните изчисления.

Сложните модели и поведение на една мрежа клетъчни автомати, възникващи от прости правила, правят автоматите подходящи за моделиране на всяка система, състояща се от прости компоненти, където главното поведени зависи от това на индивидуалните компоненти. Ето няколко типични примера за натурални мрежи, които успешно са моделирани чрез клетъчни автомати:

* Поведение на газ (газът е съставен от индивидуални молекули, чието поведение зависи от това на съседни молекули), феромагметизъм;
* Разпространение на горски пожар, поток на мрежа(магистрала);
* Движение на течности;
* Кристализация;
* Самият живот (обсъдено по-нататък).

#### Изкуствен интелект

Изкуственият интелект цели да моделира биологичен живот и дори да създаде изкуствена форма на живот - на компютър. Клетъчните автомати са идеално средство за компютърно моделиране на живот, защото те са аналогични на живота по основен характер. А именно - клетъчни автомати са въз основа на прости правила, от които би могло да възникне сложно поведение, наподобяващо живот, включително самостоятелно възпроизвеждане(при подходящи условия). Точно както живота най-вероятно е възникнал от относително простите молекули.

Съществуват още много приложения на клетъчните автомати, но целта на проекта е да се запознаем със същноста на клетъчните автомати, а не само техните приложения.

## Игра на Живот

Игра на живот е форма на клетъчни автомати, откирта през 1970 г. от **Джон Конуей**. Това е най-известният вид автомати.

„Играта“ всъщност се играе от 0 играчи, това означава, че еволюцията й зависи от момент на инициализация. Един човек създава начална конфигурация и наблюдава найната еволюция.

### Правилата

Средата на Игра на Живот е безкрайна, двуизмерна, ортогонална мрежа, съставена от квадратни клетки, всяка от които е или „жива“, или „мъртва“. Всяка клетка има 8 съседи(състедство на Мур). Всяко поколение се генерира посредством следното правило:

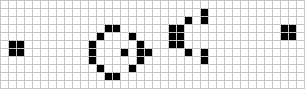
* Всяка жива клетка с по-малко от два съседа умира от самота;
* Всяка жива клетка с повече от три съседа умира от пренаселеност;
* Всяла жива клетка с два или три живи съседа, продължава да живее;
* Всяка умряла клетка със точно три съседа се съживява.

### Структури

В Игра на Живот възникват много различни типове структури – включително статични структури[[5]](#footnote-5), повтарящи се (осцилатори) и такива, които се движат из мрежата (космически кораби). Типични примери за тези три класа за показани по-долу.

Първоначално Конуей предполагал, че няма структура която може да ръсте постоянно. Конуей обявил 50$ награда за първия, който може да докаже или опровергае предположението до края на годината. Единият начин да се опровергае е, да се открие структура която постоянно генерира нови и нови клетки (пистолет).

Наградата е спечелена през ноември от екип от MIT[[6]](#footnote-6) на чело с Бил Госпър; „планер пистолетът на Госпър“ (показан по-долу) е първата структура, който на всяка 30та генерация пройзвежда по един планер.

[](http://www.conwaylife.com/wiki/index.php?title=Image:Gosperglidergun2.png)

Планер пистолетът на Госпър

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| [http://www.conwaylife.com/wiki/images/4/48/Block.png](http://www.conwaylife.com/wiki/index.php?title=Image:Block.png)Блок (статичен) | [http://www.conwaylife.com/wiki/images/b/b9/Blinker.gif](http://www.conwaylife.com/wiki/index.php?title=Image:Blinker.gif)Мигач (осцилатор) | [http://www.conwaylife.com/wiki/images/8/81/Glider.gif](http://www.conwaylife.com/wiki/index.php?title=Image:Glider.gif)Планер (космически кораб) |  |

фац

# Инструмент

След като разгледахме какво представляват клетъчните автомати и за какво се използват стигаме до извода, че съществува необходимоста от платформа (библиотека), която лесно се моделира към нашите нужди. Предлагаща основни интерфейси и финкционалности за нормалното функциониране на автоматите, както и интерфейс за изобразяването им било то на екран, под формата на музика или симулатор на поведение.

ПС. Кода е автоматично документиран...

ПС2. Използвани са Strategy Pattern….

## Архитектура

## Технологии

# Обобщение

# Използвана литература

1. На англ. Cellular Automata [↑](#footnote-ref-1)
2. Истинско име – Game of Life [↑](#footnote-ref-2)
3. Оригинално заглавие – A new Kind of Science [↑](#footnote-ref-3)
4. Изчислителен софтуер [↑](#footnote-ref-4)
5. На англ. Still life [↑](#footnote-ref-5)
6. Massachusetts Institute of Technology [↑](#footnote-ref-6)