

Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)

Факультет информационных технологий и прикладной  
математики

Кафедра вычислительной математики и программирования

Лабораторная работа №5 по курсу «Нейроинформатика»

Студент: К. О. Вахрамян  
Преподаватель: Н.П. Аносова  
Группа: М8О-406Б  
Дата:  
Оценка:  
Подпись:

Москва, 2021

## Лабораторная работа №5

**Задача:** Целью работы является исследование свойств сетей Хопфилда, Хэмминга и Элмана, алгоритмов обучения, а также применение сетей в задачах распознавания статических и динамических образов

**Основные этапы работы:**

1. Использовать сеть Элмана для распознавания динамических образов. Проверить качество распознавания.
2. Использовать сеть Хопфилда для распознавания статических образов. Проверить качество распознавания.
3. Использовать сеть Хэмминга для распознавания статических образов. Проверить качество распознавания.

**Вариант :2**

$$2. \quad \left| \begin{array}{l} g(k) = \cos(-2k^2 + 7k), \quad k \in [0.92, 4.07] \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{l} [2, 4, 7] \end{array} \right|$$

$$2. \quad \left| \begin{array}{l} [1, 6, 4] \end{array} \right|$$

# 1 Описание

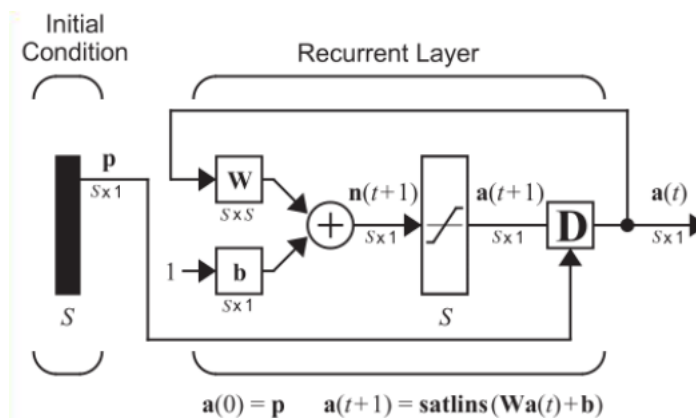
**рекуррентные нейронные сети** - вид нейронных сетей, где связи между элементами образуют направленную последовательность.

## Особенности:

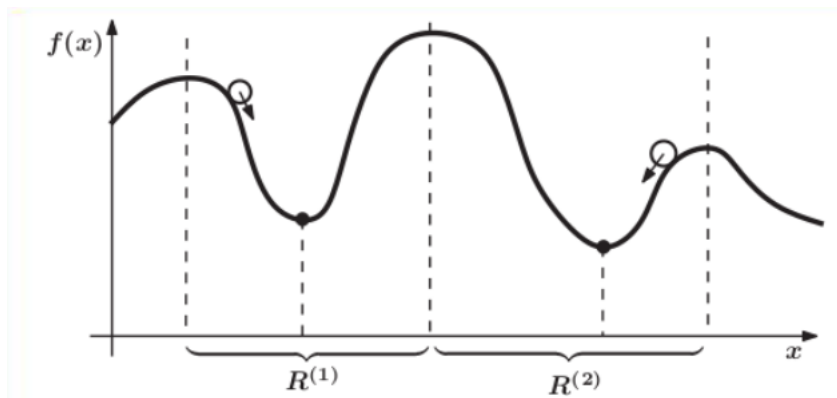
1. естественное обобщение однопроходных сетей прямого распространения;
2. новое качество рекуррентных сетей - динамическая обработка информации:
  - выходы сети возвращаются обратно на входы;
  - информация пропускается через сеть многократно.

В рекуррентных нейросетях нейроны обмениваются информацией между собой: например, вдобавок к новому объекту входящих данных нейрон также получает некоторую информацию о предыдущем состоянии сети. Таким образом в сети реализуется «память», что позволяет анализировать последовательности данных, в которых важно, в каком порядке идут значения.

## Сеть Хопфилда:

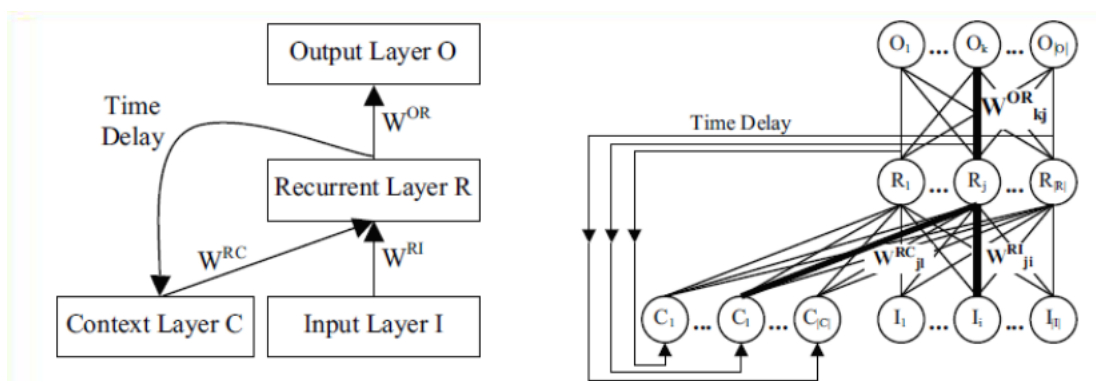


В отличие от многих нейронных сетей, работающих до получения ответа через определённое количество тактов, сети Хопфилда работают до достижения равновесия, когда следующее состояние сети в точности равно предыдущему: начальное состояние является входным образом, а при равновесии получают выходной образ. Иными словами, требуется так сформировать и настроить сеть, чтобы паттерны-эталоны, запомненные ею, были аттракторами и обладали большими областями притяжения.



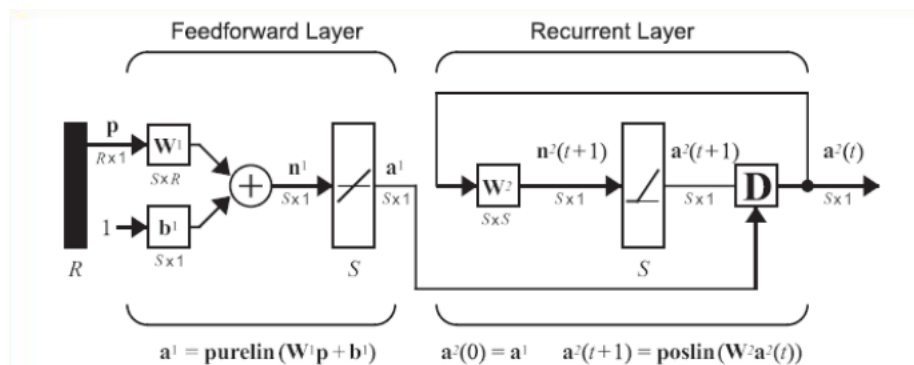
Аттракторы сети - ее стационарные состояния. Если начальное состояние не сильно отличается от стационарного, то сеть быстро вспомнит это стационарное состояние.

**Сеть Элмана:**



Нейронная сеть Элмана состоит из трёх слоев. Дополнительно к сети добавлен набор «контекстных блоков» с весами 1. Средний слой соединён с контекстными блоками. Фиксированные обратные связи сохраняют предыдущие значения скрытого слоя в контекстных блоках. Таким способом сеть сохраняет своё состояние, что может использоваться в предсказании последовательностей, выходя за пределы мощности многослойного перцептрона.

## Сеть Хэмминга:



Сеть Хэмминга - комбинация из двух подсетей (прямого распространения и рекуррентной), решает задачу классификации паттернов, представленных соответствующими входными векторами.

Каждый из классов представлен своим вектором-прототипом.

Алгоритм работы базируется на определении Хеммингово расстояния. Хеммингово расстояния – это количество отличающихся позиций в бинарных векторах. Результатом работы сети является нахождение образа с наименьшим расстоянием.

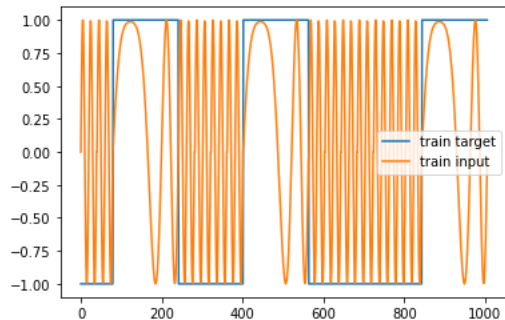
Число  $S$  нейронов в обоих слоях сети совпадает и равно числу векторов-прототипов.

## 2 Ход работы

### Задание 1:

Использовать сеть Элмана для распознавания динамических образов. Проверить качество распознавания.

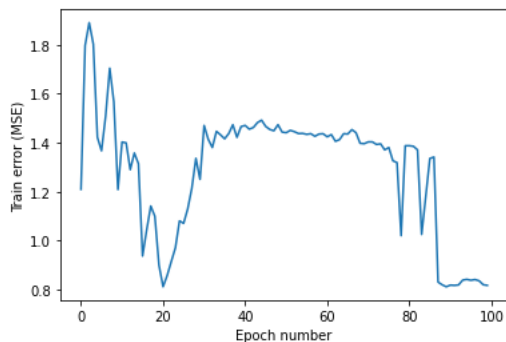
Генерируем обучающее множество:



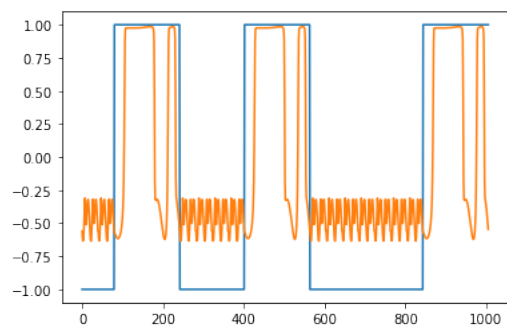
Обучаем сеть

```
Epoch: 10; Error: 1.2082466127193487;  
Epoch: 20; Error: 0.8992720645198929;  
Epoch: 30; Error: 1.2501778267868824;  
Epoch: 40; Error: 1.465689447961664;  
Epoch: 50; Error: 1.4431794610486974;  
Epoch: 60; Error: 1.4364289344431458;  
Epoch: 70; Error: 1.3957729517116748;  
Epoch: 80; Error: 1.387348386880462;  
Epoch: 90; Error: 0.8110857765332232;  
Epoch: 100; Error: 0.8168691496679524;  
The maximum number of train epochs is reached
```

График функции ошибки:



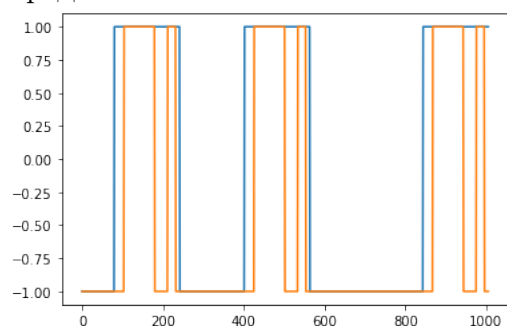
Предсказание сети:



Преобразуем значения по правилу:

$$\begin{cases} 1, & a_{ij} \geq 0; \\ -1, & a_{ij} < 0; \end{cases}$$

Предсказание сети:

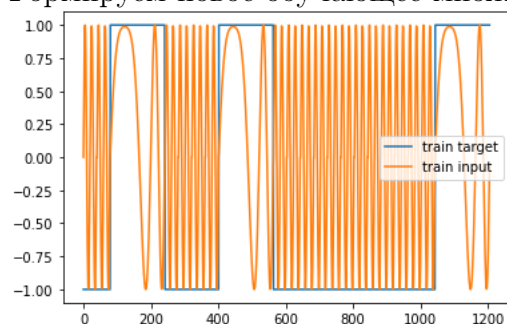


Количество точек : 1006

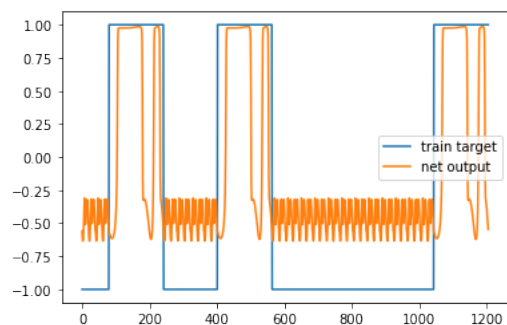
Количество правильно классифицированных точек : 808

Ассигасу: 0.8031809145129225

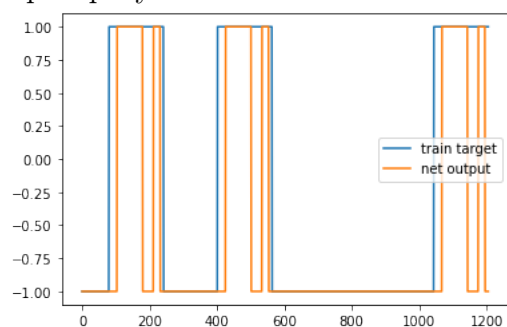
Формируем новое обучающее множество:



Делаем предсказание:



Преобразуем значения:



Количество точек : 1206

Количество правильно классифицированных точек : 1008

Ассигасу: 0.835820895522388

## Задание 2:

Использовать сеть Хопфилда для распознавания статических образов. Проверить качество распознавания.

Обучаем сеть и передаем первый образ (1):

```
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
```

Защумление второго образа на 20% (6):



```

* * * * *
*  * * *
*  *
*  *
    * * *
      * * *
* *      *
  *      *
* *      *
* *      *
* * * * *
* * *      *

```

Подаем образ в сеть:

```

* * * * *
* * * * *
*  *
*  *
* * * * *
* * * * *
*  *      *
*  *      *
*  *      *
*  *      *
* * * * *
* * * * *

```

Защумление третьего образа на 30% (4):

```

*          * *
* *      *
* *      *
  *      *
* *      *
* *      *
* * * * *
* * * * *
          * *
          * *
          *
          * *

```

Подаем образ в сеть:

```

* *      * *
* *      * *
* *      * *
  *      * *
* *      * *
* * * * *
* * * * *
          * *
          * *
          * *
          * *
          * *

```

### Задание 3:

Использовать сеть Хэмминга для распознавания статических образов. Проверить ка-

чество распознавания.

Обучаем сеть и передаем первый образ (1):

```
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
* * * *
```

Подаем зашумленный на 20% образ в сеть:

```
Result class: 6
* * * * *
* * * * *
* *
* *
* * * * *
* * * * *
* *      *
* *      *
* *      *
* *      *
* * * * *
```

Подаем зашумленный на 30% образ в сеть:

```
Result class: 4
* *      *
* *      *
* *      *
* *      *
* *      *
* * * * *
* * * * *
* *
* *
* *
* *
* *
```

### 3 Выводы

В ходе лабораторной работы я познакомился с рекуррентными нейронными сетями: сети Хопфилда, Хэмминга, Элмана. В отличие от классических задач обучения с учителем, в таких сетях не нужно тестовых примеров с готовыми ответами, они учатся, запоминая события. РНС являются естественным обобщением однопроходных сетей прямого распространения. Обладают существенно более высокими возможностями моделирования систем различных видов, включая динамические. Однако возможны проблемы устойчивости процессов функционирования обученных сетей.