

# Классификатор на основе нейронной сети Хемминга.

Е.С.Борисов (<http://mechanoid.narod.ru>)

В этой работе построен классификатор распознающий картинки с цифрами от 0 до 9. Для реализации классификатора используется нейронная сеть Хемминга.

## 1. Модель

Искусственная нейронная сеть Хемминга (рис.1) была предложена в 1987 г. Р. Липманом [1,2]. Она представляет собой сеть с двумя обрабатывающими слоями: первый слой - слой Хемминга, второй слой - немного изменённая сеть Хопфилда.

На вход нейронной сети подаётся картинка в формате BMP, размером  $17 \times 31$  точек, представляющая собой матрицу  $51 \times 31$  байт, таким образом входной (или распределительный) слой сети (слой 0 на рис.1) состоит из  $51 \times 31 = 1581$  нейронов.

Размерность скрытого слоя (слой 1 на рис.1) определяется количеством идеальных образцов, хранимых сетью, т.е. 10 нейронов. Размерность выходного слоя равна размерности скрытого слоя нейронной сети, т.е. так же 10 нейронов.

На выходе получаем вектор  $y(y_0...y_9)$ . Номер  $j$ , для которого  $y_j^{[2]} > 0$ , соответствует номеру класса входного образца.

### 1.1 Параметры сети

**Первый слой** - слой Хемминга, представляет собой нейронную сеть с прямыми связями. Этот слой вычисляет меру подобия (расстояние Хемминга) между всеми эталонными образцами, хранящимися в сети, и текущим входом сети. Расстояние Хемминга это количество отличающихся компонент во входном и эталонном векторах.

Для этого слоя используется линейная функция активации. Состояние и выходное значение нейрона  $i$  слоя 1 определяется следующим образом:

$$y_i^{[1]} = s_i^{[1]} = \sum_{j=0}^{1580} y_j^{[0]} \cdot w_{ij}^{[1]}$$

где

- $y_i^{[1]}$  - выходное значение нейрона  $i$  слоя 1;
- $s_i^{[1]}$  - состояние нейрона  $i$  слоя 1;
- $y_j^{[0]}$  - вход нейронной сети номер  $j$ ;
- $w_{ij}^{[1]}$  - весовой коэффициент синаптической связи, соединяющей вход  $j$  нейронной сети и нейрон  $i$  слоя 1;

**Второй слой** это сеть Хопфилда, она используется для разрешения конфликтов, когда входной вектор оказывается похож по Хеммингу на более чем один идеал.

Начальное состояние нейронов слоя 2 определяется выходом первого слоя:

$$s_i^{[2]}(0) = y_i^{[1]}$$

Отношение переходов между состояниями нейронов слоя 2 определяется следующим образом:

$$s_i^{[2]}(t+1) = y_i^{[2]}(t) - c \cdot \sum_{j \neq i} y_j^{[2]}(t) \quad (1)$$

где

- $s_i^{[2]}(t)$  - состояние нейрона  $i$  слоя 2 в момент времени  $t$ ;
- $y_i^{[2]}(t)$  - выходное значение нейрона  $i$  слоя 2 в момент времени  $t$ ;
- $c$  - коэффициент торможения,  $0 < c < 0.1$ ;

Легко видеть, что отношение переходов (1) эквивалентно обычному определению состояния нейрона (сумма взвешенных входов) с постоянной матрицей весов(2).

$$w_{ij}^{[2]} = \begin{cases} 1 & , i=j \\ -c & , i \neq j \end{cases} \quad (2)$$

В качестве функции активации слоя 2 будем использовать следующую функцию :

$$y_i^{[2]} = f(s_i^{[2]}) = \begin{cases} s_i^{[2]} & , s_i^{[2]} > 0 \\ 0 & , s_i^{[2]} \leq 0 \end{cases}$$

## 1.2 Метод обучения

Для нейронной сети Хемминга используется метод обучения "без учителя". Весовые коэффициенты слоя 1 определяются следующим образом:

$$w_{ji}^{[1]} = 0.5 * x_i^j \quad (3)$$

где

- $w_{ji}^{[1]}$  - весовой коэффициент синаптической связи, соединяющей вход  $i$  нейронной сети и нейрон  $j$  слоя 1;
- $x_i^j$  - компонента номер  $i$  идеального (учебного) вектора номер  $j$ ;

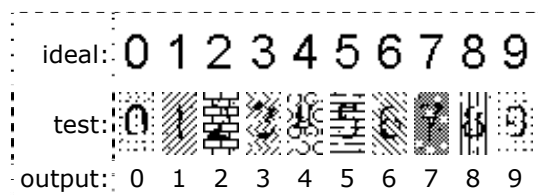
Весовые коэффициенты слоя 2 фиксированы отношением переходов(1).

**Алгоритм обучения** нейронной сети сводится к начальной инициализации матрицы весов слоя 1 по (3).

## 2. Реализация

В этом разделе представлена реализация, описанной выше модели классификатора, который работает с картинками в формате BMP.

На вход классификатора подаются картинки размером  $17 \times 31$  точек, на выходе получаем - номер класса, к которому принадлежит входная картинка. Такой классификатор обладает хорошими способностями к обобщению, может корректно распознавать даже сильно искаженные и зашумленные картинки, к тому же, в отличие от классификатора на основе многослойной нейронной сети, он не требует идеальных выходных векторов и длительного процесса обучения. В программе используется библиотека для работы с картинками GdKPixbuf v.2. Результат работы программы на рис.2.



**Рисунок 2:** Результат работы программы

Исходные тексты программы [ [здесь](http://mechanoid.narod.ru/nns/classifier3/classifier-hamming-gdk.tgz) ]. <http://mechanoid.narod.ru/nns/classifier3/classifier-hamming-gdk.tgz>

## Литература

1. Lipman R. An introduction to computing with neural nets // IEEE Acoustic,Speech and Signal Processing Magazine,1987,no 2,L.4-22.
2. В.А.Головки, под ред.проф.А.И.Галушкина Нейронные сети: обучение, организация и применение. - Москва : ИПРЖР, 2001