Universidade Federal de Sergipe

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

Departamento de Computação

Disciplina: Redes Neurais

Profesor: Luís Brunelli

Exercício Hebb e Perceptron

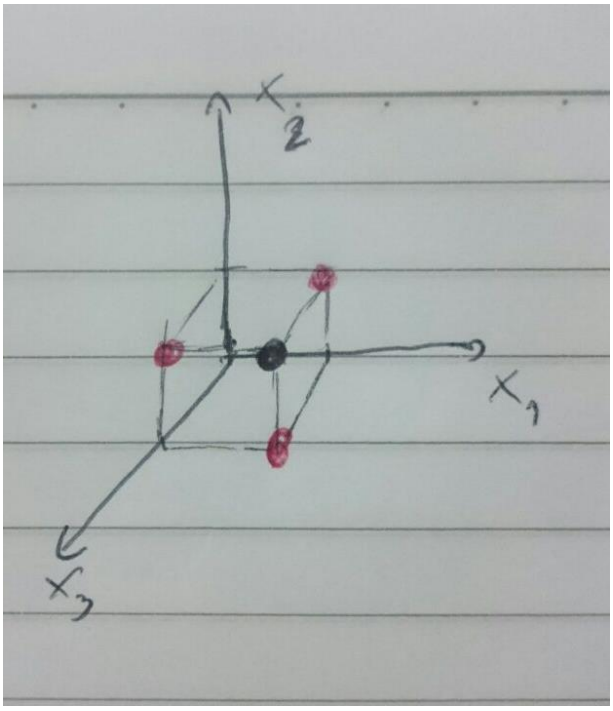
Thales Francisco Sousa Sampaio Alves dos Santos

São Cristóvão/ 2017

Considerando a tabela

X1	X2	X3	Target
1	1	1	1
1	1	0	-1
1	0	1	-1
0	1	1	-1

Plotando os potnos no Gráfixo X1, X2 e X3 e colorindo como preto pra t=1 e vermelho pra t=-1 temos o seguinte gráfico



Pelo gráfico dá pra perceber que o problema não é separável por uma linha, precisa de ao menos um plano para separar o ponto preto (t=1) dos vermelhos (t=-1).

Resolvendo o problema utilizando a regra de Hebb chegamos à seguinte tabela:

INPUT				TARGET	Mudanças				Pesos				Equações
X1	X2	X3	1		dW1	dW2	dW3	db	w1	w2	w3	b	
									0	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X1+X2+X3+1=0
1	1	0	1	-1	-1	-1	0	-1	0	0	1	0	X3=0
1	0	1	1	-1	-1	0	-1	-1	-1	0	0	-1	X1=-1
0	1	1	1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-X1-X2-X3-2=0

Resolvendo o sistema de equações chega-se a X2=2 e X2=-1 , o que é uma contradição, logo o sistema não tem solução

Resolvendo o problema utilizando o perceptron em C, a partir de uma solução de perceptron para duas variáveis utilizando dados aleatórios e não usando theta encontrada no endereço https://github.com/RichardKnop/ansi-c-perceptron/blob/master/perceptron.c fiz uma adaptação para inicialização sempre com zeros, funcionar com 3 variáveis e utilizando theta para definição de valores, resultando no código abaixo:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#define LEARNING_RATE    0.1
#define MAX_ITERATION    100
#define THETA            0.1

int calculateOutput(float weights[], float x, float y, float z){
        int resultado;
        float sum = x * weights[0] + y * weights[1] + z * weights[2] + weights[3];
        if(sum>THETA) resultado = 1;
        else if(sum<-(THETA)) resultado = -1;
        else resultado = 0;

        return resultado;
}

int main() {
        srand(time(NULL));
        float localError, globalError;
        int patternCount, i, p, iteration, output;
        float x[4] = {1.0,1.0,1.0,0.0};
        float y[4] = {1.0,1.0,0.0,1.0};
        float z[4] = {1.0,0.0,1.0,1.0};
        int outputs[4] = {1,-1,-1,-1};
        float weights[4] = {0.0,0.0,0.0,0.0};

        patternCount = 4;
        iteration = 0;
        do {
                iteration++;
                globalError = 0;
```

```
		for (p = 0; p < patternCount; p++) {
			output = calculateOutput(weights, x[p], y[p], z[p]);
			localError = outputs[p] - output;

			weights[0] += LEARNING_RATE * localError * x[p];
			weights[1] += LEARNING_RATE * localError * y[p];
			weights[2] += LEARNING_RATE * localError * z[p];
			weights[3] += LEARNING_RATE * localError;

			globalError += (localError*localError);
		}

		printf("Pesos para a epoca %d: w1=%.2f w2=%.2f w3=%.2f bias=%.2f\n", iteration, weights[0], weights[1], weights[2], weights[3]);

	} while (globalError != 0 && iteration<=MAX_ITERATION);

	printf("\nEquação final: %.2f*x1 + %.2f*x2 %.2f*x3  + %.2f = 0\n", weights[0], weights[1], weights[2], weights[3]);

	return 0;
}
```

Desta forma o código termina seu treinamento em 20 épocas:

```
Pesos para a epoca 1: w1=-0.10 w2=-0.10 w3=0.10 bias=-0.10
Pesos para a epoca 2: w1=-0.30 w2=-0.10 w3=0.10 bias=-0.30
Pesos para a epoca 3: w1=-0.20 w2=-0.10 w3=0.00 bias=-0.40
Pesos para a epoca 4: w1=-0.10 w2=0.00 w3=0.00 bias=-0.40
Pesos para a epoca 5: w1=-0.10 w2=0.00 w3=0.20 bias=-0.40
Pesos para a epoca 6: w1=-0.10 w2=-0.10 w3=0.30 bias=-0.50
Pesos para a epoca 7: w1=-0.10 w2=0.00 w3=0.20 bias=-0.60
Pesos para a epoca 8: w1=0.00 w2=0.10 w3=0.20 bias=-0.60
Pesos para a epoca 9: w1=0.00 w2=0.20 w3=0.30 bias=-0.60
Pesos para a epoca 10: w1=0.00 w2=0.10 w3=0.40 bias=-0.70
Pesos para a epoca 11: w1=0.00 w2=0.10 w3=0.40 bias=-0.80
Pesos para a epoca 12: w1=0.00 w2=0.30 w3=0.40 bias=-0.80
Pesos para a epoca 13: w1=0.00 w2=0.30 w3=0.40 bias=-0.90
Pesos para a epoca 14: w1=0.10 w2=0.20 w3=0.40 bias=-1.00
Pesos para a epoca 15: w1=0.20 w2=0.30 w3=0.40 bias=-1.00
Pesos para a epoca 16: w1=0.20 w2=0.40 w3=0.50 bias=-1.00
Pesos para a epoca 17: w1=0.20 w2=0.40 w3=0.40 bias=-1.10
Pesos para a epoca 18: w1=0.30 w2=0.40 w3=0.50 bias=-1.10
Pesos para a epoca 19: w1=0.30 w2=0.50 w3=0.50 bias=-1.10
Pesos para a epoca 20: w1=0.30 w2=0.50 w3=0.50 bias=-1.10

Equacao final: 0.30*x1 + 0.50*x2 0.50*x3  + -1.10 = 0
```

Testes com inicialização randômica dos pesos e não utilizando um theta para decidir, utilizando apenas 1 ou -1 como resultado do output chegou a treinar entre 8 e 30 épocas, mas mantendo uma média de 20 épocas

```
Pesos para a epoca 1: w1=-0.31 w2=0.48 w3=0.36 bias=-0.32
Pesos para a epoca 2: w1=-0.31 w2=0.28 w3=0.16 bias=-0.52
Pesos para a epoca 3: w1=-0.31 w2=0.08 w3=0.16 bias=-0.72
Pesos para a epoca 4: w1=-0.11 w2=0.08 w3=0.16 bias=-0.72
Pesos para a epoca 5: w1=0.09 w2=0.08 w3=0.16 bias=-0.72
Pesos para a epoca 6: w1=0.09 w2=0.08 w3=0.36 bias=-0.72
Pesos para a epoca 7: w1=0.09 w2=0.08 w3=0.56 bias=-0.72
Pesos para a epoca 8: w1=0.09 w2=0.08 w3=0.56 bias=-0.72

Equacao final: 0.09*x1 + 0.08*x2 0.56*x3  + -0.72 = 0
```

Variações na taxa de aprendizado e no theta também fazem variar os resultados e número de épocas para treinamento, e percebe-se que o perceptron é um modelo de neurônio artificial muito mais efetivo que o Hebb que é apenas calculado e não pode ser treinado em várias épocas para o aprendizado das regras.