

# Tarea #3 Red Hopfield

Jorge Gómez Reus

## Índice

<b>1. ¿Qué es la red de Hopfield?</b>	<b>1</b>
<b>2. Orígenes</b>	<b>1</b>
<b>3. Principales Capacidades</b>	<b>1</b>
<b>4. Aplicaciones</b>	<b>2</b>
<b>5. Variantes</b>	<b>2</b>
<b>6. Algoritmos de Aprendizaje</b>	<b>3</b>
6.1. Patrones Binarios . . . . .	3
6.2. Patrones Bipolares . . . . .	3
<b>7. Implementación en Software y Hardware</b>	<b>3</b>
<b>8. Referencias</b>	<b>3</b>

## 1. ¿Qué es la red de Hopfield?

Es una forma de red neuronal artificial recurrente inventada por John Hopfield en 1982. Consiste de una sola capa, la cual contiene una o más neuronas recurrentes conectadas totalmente entre si.

## 2. Orígenes

Este modelo fue introducido previamente por Little en 1974, pero en este hubo menos énfasis la descripción basada en la energía, al igual que usó extensivamente formalismo de mecánica cuántica, lo que provocó que su trabajo fuera menos accesible a sus lectores. No fue si no hasta 1982 que Hopfield introdujo su modelo, el cual sirve para entender la memoria humana.

## 3. Principales Capacidades

- Las redes neuronales de hopfield sirven como sistemas de memoria asociativa con nodos límite binarios
- Convergen a un mínimo local
- Los estados de cada unidad son binarios, su valor es determinado con base en si el valor de la entrada sobrepasa el límite de la unidad.

- Los valores de cada unidad se pueden actualizar con la regla:

$$s_i = \begin{cases} +1 & \text{si } \sum_j w_{ij}s_j \geq \theta_i, \\ -1 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases} \quad (1)$$

Dónde:

- $w_{ij}$  es la fuerza del peso conectado de la unidad  $j$  a la unidad  $i$
  - $s_j$  es el estado de la unidad  $j$
  - $\theta_i$  es el límite de la unidad  $i$
- Las actualizaciones en la red de Hopfield puede ser:
    - Asíncrona
    - Síncrona
  - Las neuronas se repelen o se atraen dependiendo del peso de la conexión entre ellas

## 4. Aplicaciones

Generalmente se usan para el reconocimiento de patrones: Se guardan estos en la red y esta puede reconocer dichos patrones con solo una parte o si hay corrupción parcial del patrón.

- Memorias Asociativas: La red puede memorizar patrones, estados
- Optimización Combinacional: Si el problema es modelado correctamente, la red puede generar un mínimo y una solución, pero raramente puede generar la solución óptima
- Detección y reconocimiento de imágenes
- Amplificación de imágenes de Rayos-X
- Restauración de imágenes médicas

## 5. Variantes

- Red Discreta de Hopfield
- Red Continua de Hopfield
- El modelo de Little fue un precursor del modelo de Hopfield
- La máquina de Boltzmann es como una red de Hopfield pero un muestreo de Gibbs en lugar del descenso en gradiente.
- La red de Hopfield se puede describir formalmente como un grafo no dirigido  $G = \langle (V, f) \rangle$ , donde  $V$  es un conjunto de células de McCulloch-Pitts y  $f : V^2 \rightarrow \mathbb{R}$  es una función que enlaza pares de unidades de valor real (el peso de conexión).

## 6. Algoritmos de Aprendizaje

El entrenar a las redes de Hopfield se logra disminuyendo el valor de la energía de los estados que la red debe “recordar”. Esto convierte a la red en un sistema de memoria direccionable, es decir, la red recordará un estado si se le da solo parte de dicho estado.

### 6.1. Patrones Binarios

Para un conjunto de patrones binarios  $s(p)$ ,  $p = 1$  a  $P$

Donde  $s(p) = s_1(p), s_2(p), s_3(p), \dots, s_i(p), \dots, s_n(p)$

La matriz de pesos está dada por:

$$w_{ij} = \sum_{p=1}^P [2s_i(p) - 1][2s_j(p) - 1] \text{ para } i \neq j \quad (2)$$

### 6.2. Patrones Bipolares

Para un conjunto de patrones bipolares  $s(p)$ ,  $p = 1$  a  $P$

Donde  $s(p) = s_1(p), s_2(p), s_3(p), \dots, s_i(p), \dots, s_n(p)$

La matriz de pesos está dada por:

$$w_{ij} = \sum_{p=1}^P [s_i(p)][s_j(p)] \text{ para } i \neq j \quad (3)$$

## 7. Implementación en Software y Hardware

- Implementación en python [https://github.com/yosukekatada/Hopfield\\_network](https://github.com/yosukekatada/Hopfield_network)
- Implementación en java <https://github.com/AhmedHani/HopfieldNetwork>
- Implementación en FPGA's <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231215008760>

## 8. Referencias

- [1] J. J. Hopfield, “Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities.”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 1982.
- [2] R. Rojas, *An introduction to neural networks*. En Springer, 1996, ISBN: 978-3540605058.
- [3] K. Gurney, *Neural Networks - A Systematic Introduction*. CRC Press, 1997, ISBN: 1857285034.
- [4] A. Julien-Laferrere. (). Hopfield Network, dirección: <http://perso.ens-lyon.fr/eric.thierry/Graphes2010/alice-julien-laferrere.pdf>. (accessed: 09.09.2018).
- [5] (). La red de Hopfield, dirección: <https://web.archive.org/web/20100128050308/http://www.redes-neuronales.netfirms.com/tutorial-redes-neuronales/red-de-hopfield.htm>. (accessed: 09.09.2018).