

IV. 1 UNA REPRESENTACIÓN MATRICIAL PARA SISTEMAS EVOLUTIVOS

*Fernando Galindo Soria**

INTRODUCCIÓN

Cuando se esta trabajando en un área es muy emocionante encontrar que problemas aparentemente diferentes se pueden ver como casos particulares de un problemas mas general, esto es lo que sentí cuando al estar comentando con algunos alumnos unos trabajos sobre redes neuronales desarrollados junto con Gustavo Nuñez Esquer en 1976, me di cuenta de que las herramientas encontradas, eran idénticas a otras que había descubierto en forma independiente Cuitlahuac Cantu a finales de los 80's para el tratamiento de imágenes y en general de formas.

Esto fue aun más impactante porque en el trabajo de 1976 hallamos una matriz para representar redes neuronales y en el de Cuitlahuac se plantea una herramienta evolutiva, por lo que al conjugar las dos ideas bajo la premisa de una herramienta común, por un lado se refuerzan las redes neuronales para el tratamiento de formas y por otro lado se llega a una herramienta mas potente al integrarle en forma natural el enfoque evolutivo, con lo que las matrices evolutivas surgen como un mecanismo de representación generalizado y extremadamente poderoso ya que absorben en forma natural características de las redes neuronales y de los sistemas evolutivos.

Por lo anterior, ya valdría la pena el estudio de las matrices evolutivas, pero en 1992 al estar revisando un trabajo sobre sistemas evolutivos generadores de sistemas expertos, desarrollado junto con Javier Ortiz en el CENIDET de Cuernavaca en 1988, me dí cuenta que las reglas de inferencia de un sistema experto se

Fernando Galindo Soria escribió este trabajo en 1993 cuando estaba en la Sección de Postgrado e Investigación de la UPIICSA del IPN y lo presentó como Conferencia Magistral en el Simposio Internacional de Computación, organizado por el CENAC del IPN, en la Cd. de México en Noviembre de 1993.

puede representar directamente mediante una Matriz Evolutiva, de donde se pueden plantear sistemas expertos como un caso particular del reconocimiento de formas, que son problemas equivalentes al reconocimiento de imágenes o señales y que se pueden manejar mediante redes neuronales.

A partir de lo anterior, se puede plantear que existe una familia de problemas equivalentes entre si y que se pueden representar como una matriz evolutiva, incluyendo problemas de áreas como el tratamiento de imágenes, voz y otros tipos de señales donde se mantiene el orden entre los elementos de un objeto y problemas en los cuales no es importante el orden en que se presentan los objetos, o sea problemas donde se permite la conmutabilidad entre los elementos.

I UNA REPRESENTACIÓN MATRICIAL PARA REDES NEURONALES

Durante el año de 1976 en el Centro Nacional de Calculo (CENAC) del IPN se organizó en colaboración con la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM) del mismo instituto un Seminario sobre Inteligencia Artificial y uno de los temas tratados dentro de este seminario fue el de Redes Neuronales, en particular, una de las actividades en las que participe junto con Gustavo Nuñez Esquer fue en el desarrollo de una propuesta para representar una Red Neuronal, para lo cual a partir del modelo de neurona desarrollado por Mc Cullot y Pitts generamos nuestra propia propuesta.

Para lo cual partimos de que, una neurona de Mc Cullot y Pitts se representa como :

$$\text{Si } s_0a_0 + s_1a_1 + s_2a_2 + \dots + s_na_n \geq h \text{ entonces } S_{\text{axon}} = 1$$

$$\text{sino } S_{\text{axon}} = 0$$

$$\begin{matrix} s_8 \\ -1 \end{matrix}$$

donde

sí $x_1 \geq 0$ entonces	$s_7=1$
sí $x_2 \geq 0$ entonces	$s_8=1$
sí $x_3 \geq 0$ entonces	$s_9=1$

O sea que la matriz representa a la red neuronal, el vector a las señales de entrada a la red (s_i), cada renglón de la matriz representa una neurona (x_j) y cada columna una señal de entrada a la neurona (a_k).

La matriz se multiplica por el vector de señales de entrada al sistema y si el valor resultante es mayor o igual a cero entonces se considera que la neurona es exitada por lo que se genera un valor de salida de la neurona igual a uno.

II MATRIZ EVOLUTIVA Y RECONOCIMIENTO DE FORMAS

El anterior es un modelo simple de red neuronal representada mediante una matriz y actualmente es común encontrar representaciones matriciales de redes neuronales, por lo que el modelo desarrollado en 1976 se podría ver como antecedente y como un resultado independiente, sin embargo su importancia es mayor, ya que durante los 80's Cuitlahuac Cantu director del Grupo ORSA desarrolló en forma también independiente un sistema evolutivo para reconocimiento de formas, en el cual representa los objetos a reconocer por medio de una matriz que es prácticamente igual a la encontrada en 1976.

El sistema evolutivo desarrollado por Cuitlahuac consta de varias partes y una de ellas es un mecanismo para representar los objetos que esta reconociendo. Es esta componente la que nos interesa en este trabajo.

Como primer punto ser parte de que, cualquier objeto se puede representar como un vector, de tal forma que por ejemplo, un gato

se puede almacenar en un vector como el siguiente:

1 0 1 0 0 1 0 1 0 gato

Si se tiene un gato, un perro y un ratón, cada uno de ellos se almacena como un vector y entre los tres forman una matriz como la siguiente:

a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	
1	0	1	0	0	1	0	1	0	gato
0	1	0	1	0	1	1	0	1	perro
1	1	0	0	1	0	0	1	1	ratón

Donde el primer renglón representa al gato, el segundo al perro y el tercero al ratón.

Si en lugar de un gato se perciben varios gatos, en lugar de almacenar cada gato en un vector independiente se suman los vectores que representan cada uno de los gatos y el resultado se toma como la representación de la estructura general del gato y se almacena en la matriz:

5 1 4 0 0 5 0 4 1 20 gato

Por otro lado si se tienen varios gatos, perros y ratones, la matriz sería de la forma:

a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	h	
5	1	4	0	0	5	0	4	1	20	gato
0	3	0	3	0	2	3	2	1	14	perro
1	1	0	0	1	0	0	1	1	5	ratón

Donde cada renglón representa un tipo de objeto y h es un valor donde se acumula el número de puntos en el vector (es importante recalcar que en este caso se puso h como la suma de los valores del vector por facilidad del ejemplo, sin embargo existen otros métodos para asignar este valor).

Lo anterior es equivalente a que cada gato se dibujara en un acetato y posteriormente se superpusieran los acetatos con lo que las características repetitivas del gato quedan más recalculadas y equivale a números mayores en el vector que lo representa.

Cualquier objeto nuevo que llegue se representa también como un vector, como por ejemplo:

1 0 1 0 0 1 0 1 0

Si se desea reconocer el nuevo objeto, se multiplica el vector que lo representa por la matriz, se ve en que renglón se obtuvo el máximo valor y se le asocia a ese renglón el objeto.

Por ejemplo tomando la matriz anterior y el objeto desconocido, se multiplica su vector por la matriz y vemos que su valor es:

18 para el gato

4 para el perro

2 para el ratón

Si a estos valores les restamos el valor de **h** nos queda:

-2 para el gato

-10 para el perro

-3 para el ratón

De donde se propone que el objeto reconocido es un gato.

Como siguiente punto el sistema acumula el nuevo vector en la matriz. Con lo que, el sistema evolutivo esta transformando en forma permanente su imagen de la realidad, de tal forma que conforme pasa el tiempo, se espera que sea cada vez capaz de reconocer mejor los objetos.

Es importante observar que, la matriz obtenida es prácticamente igual a la de la red neuronal de 1976, con lo que se plantea como un mecanismo generalizado para representación de sistemas evolutivos y en particular de *redes neuronales evolutivas*, ya que, *los valores de la matriz están cambiando en tiempo real y esto es equivalente a modificar las interrelaciones entre las neuronas* (ya que en el modelo original cada entrada de la matriz representa una conexión entre neuronas y estas conexiones se están modificando en tiempo real). Lo anterior es la base de un proyecto desarrollado por Alejandrina Salazar Torres sobre redes neuronales evolutivas en 1993.

III MATRIZ EVOLUTIVA Y GENERADORES DE

SISTEMAS EXPERTOS

El hecho de que en dos problemas independientes se llegó al mismo mecanismo de representación es interesante, sin embargo estas no son las únicas veces en que se ha presentado esta matriz, por lo que se plantea la posibilidad de estar ante una herramienta generalizada.

Durante el año de 1988 junto con Javier Ortiz (en esa época Coordinador de la Maestría en Computación del CENIDET en Cuernavaca, Mor.) desarrollamos un sistema evolutivo generador de sistemas expertos, para lo cual tomamos en cuenta que, una de las características de los sistemas de diagnóstico y toma de decisiones (decision support systems —DSS—, reconocedores de patrones, etc.) en general y de los sistemas expertos en particular se encuentra en que el lenguaje del usuario consta principalmente de oraciones de la forma:

Síntomas : Diagnóstico : Acciones o Tratamiento

Donde este tipo de oraciones nos permiten plantear, por ejemplo, la base de un conjunto de reglas de inferencia o el patrón general de cierto tipo de figuras.

A partir de lo anterior, se detectó que el problema de construir un sistema experto o en general de toma de decisiones, y específicamente la etapa de ingeniería de conocimiento se podía automatizar en buena medida, ya que el problema clásico de encontrar las reglas de inferencia fue sustituido por el problema mas general de encontrar un conjunto de ejemplos significativos de diagnóstico o de toma de decisiones reales, en los cuales se encontraran precisamente inmersos los síntomas, diagnósticos y acciones.

Durante 1992 al estar preparando unos ejemplos de Lingüística Matemática, detecte que una forma alternativa para representar el conjunto de oraciones del sistema era precisamente mediante una matriz evolutiva, por ejemplo, si se tiene el siguiente conjunto de oraciones:

a b c d e f	: D1	: T1 T2 T3
a b x y c m	: D2	: T2 T4

a b k l	: D1	: T1 T2 T6
d m l f g	: D4	: T6
a b k o	: D2	: T7 T8

Donde las letras minúsculas representan los síntomas, las D's los diagnósticos y las T's los tratamientos.

Una forma directa de representarlas sería mediante la matriz:

a	b	c	d	e	f	g	k	l	m	o	x	y	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	D1: T1 T2 T3
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	D2: T2 T4
1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	D1: T1 T2 T6
0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	D4: T6
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	D2: T7 T8

El funcionamiento de esta matriz es prácticamente igual al del mecanismo de representación de los objetos del sistema evolutivo propuesto por Cuítlahuac.

Al analizar las reglas de inferencia se nota que una de las característica que permite su representación mediante una matriz es que no importa el orden en el que se presenten los síntomas, o sea que la cadena lingüística es conmutativa bajo la concatenación y por otro lado por ejemplo las cadena en Español no se podrían representar en general mediante la matriz, porque no se permite la conmutabilidad.

CONCLUSIÓN

En este documento se integraron trabajos desarrollados en el Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) y por Cuítlahuac Cantu del Grupo ORSA, y *se mostró como tres de las grandes áreas de la I.A.: Reconocimiento de Imágenes y en general de formas, Sistemas Expertos y Redes Neuronales se pueden apoyar en la representación mediante Matrices Evolutivas.*