Rev.Acad.Canar.Cienc., III (Núm. 2),95-103 (1991)

SOBRE LAS REDES NEURONALES Y LA COMPUTACION PARALELA

O. Bolivar Toledo, J. A. Muñoz Blanco, S. Candela Solá y R. Moreno-Diaz
Departamento de Informatica y Sistemas
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Avda. Marítima del Sur
E-35.016 Las Palmas, Spain

ABSTRACT

Neurocybernetic, Systems Theory and Perception, and Artificial Intelligence Systems, interact in such a way that the methods and procedures of one of them provide clues in order to face and resolve problems in the others. This paper shows the interaction among the algebraic-analytical data fields theory, the complete descriptions that may be truncated for practical visual tasks and the structural-functional characteristics of neural nets. In this way, on researching the properties and requirements that complete descriptions had to verify, we may conclude that a general characteristic of transformations combining partitions and functionals, is the esentially parallel character of the computational structure that performs it. Then, the temporal factor, which had been forgotten in the former algebraic-analytical formulation has been introduced here, by considering layered and neural nets. This consideration allows's to clarify the reach and limitations of fast computational algorithms.

1. INTRODUCCION

Un concepto básico en proceso de imágenes y en visión es el descripción completa. Una descripción se admite que es completa en su entorno visual, si la descripción contine todos los datos, y propiedades de éstos, necesarios para cubrir unos objetivos. Los conceptos de complitud de una transformacion con relación al campo receptivo y a la función fueron introducidos por Moreno-Díaz y Candela [2]. Según dichos autores, y desde el punto de vista analítico, la descripción completa requiere "a priori", la conservación del número de grados de libertad, o del número de propiedades independientes, del entorno visual. Estos conceptos han dado lugar a las transformaciones de campo receptivo variable. Un caso particular de estas serían las transformaciones puras de campo recpetivo, en las que se enfatiza el papel de los campos receptivos frente a los funcionales clásicos, de manera que, en analítica, las particiones de los campos receptivos, "per se", pueden generar una descripción completa, con las mismas propiedades que, clásicamente, se han usado para justificar a los funcionales, es decir, complitud, posibilidad de recorte en el número de grados de libertad y seguridad frente a los escotomas.

Recientemente, la cuestión del "compromiso" o la constancia entre ambos aspectos a tratar, ha sido estudiada por Candela y Bolivar [1], convergiendo en un teorema sobre descripciones completas, susceptibles de ser truncadas por motivos prácticos de reconocimiento. Generalmente la validez del proceso de truncado reside en pruebas heurísticas.

Este teorema integra el álgebra y análisis de campos de datos al demostrar que dada una partición algebraica con ciertos requisitos, el cómputo de ciertos números de coeficientes analíticos e independientes en cada partición, proporciona una descripción completa y no redundante de un campo de datos.

Estas consideraciones tienen una incidencia conceptual interesante en las líneas actuales de investigación en codificación retinal [4], concretamente en los llamados "múltiples significados" de las salidas de proceso visual en la retina de los vertebrados, lo cual en nuestra terminología significa que cada fibra del nervio óptico envía información correspondiente a mas de una operación sobre el campo receptivo. En este sentido es de esperar que la naturaleza no cumpla los teorema estrictamente, pero sin embargo éstos nos proporcionan un método claro de abordar la naturaleza.

2. REDES NEURONALES Y REDES POR CAPAS

2.1 Planteamiento General

Una red neuronal en el sentido generalizado de McCulloch, Pitts, Blum, es un conjunto N de módulos computacionales, donde, aparte de las M entradas exteriores a la red, cada módulo recibe entradas de si misma y de todas las demás en la red, computando una operación lógica, funcional o algorítmica, o combinación de ellas, arbitraria. La red se puede suponer síncrona sin perdida notoria de generalidad. La estrutura de tal red se muestra en la figura 1.

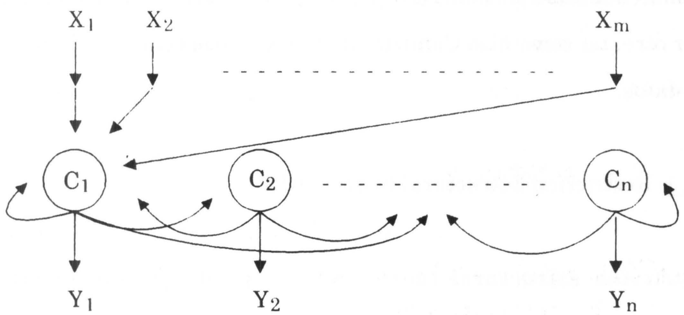

Figura 1

Como se ve, cada módulo computacional proporciona la salida (en el dominio adecuado), despues de un retardo único (sincronizado), resultado de su operación sobre las N + M entradas en el instante anterior.

Como ya ha sido demostrado, [3], si la operación de cada módulo consiste en una función lógica arbitraria, la red duplica cualquier autómata arbitrario, determinista o probabilista según sea la naturaleza de la operación de unos o todas los módulos. La practicabilidad de este tipo de redes queda limitada por su generalidad. Al imponer restricciones se converge en redes que permiten duplicar y aclarar la estructura y función de sistemas mas apropiados para teorizar sobre lo natural y lo artificial. Tal es el caso citado de limitar las posibles operaciones de cada modulo a las funciones lógicas arbitrarias, que permite una contrapartida modular estructural de todos los autómatas.

Como se infiere de inmediato, es posible imponer restricciones sobre la función, sobre la estructura o sobre ámbas, en grado mas o menos fuerte.

2.2 Restricción Estructural Fuerte

Obviamente, al imponer restricciones estructurales sin hablar de la función, resultan consecuencias aplicables tanto a los dominios lógicos, funcionales, algorítmicos o cualquier otro, tal como hizo Candela [2]en lo que respecta a los campos receptivos o campos de datos.

Definición 1. Restricción Estructural Fuerte. (REF).

La restricción estructural fuerte (REF) consiste en que la red estructural generalizada NO tiene realimentación.

Consecuencia 1.

Una REF, cuando las operaciones de los modulos son funciones logicas equivale a un conjunto de N circuitos combinacionales mas retardos. Por extension, podemos hablar de REF's que son circuitos funcionales o circuitos algoritmicos. Asi, se ve que una REF no tiene, por estructura, caracter secuencial, sino un estricto caracter paralelo, es decir, de los N elementos computacionales se obtienen, en el instante siguiente al de la aplicación de los datos del Campo de datos de entrada, el campo de datos de salida. Es el computador paralelo puro, tal como se ilustra en la Figura 2.

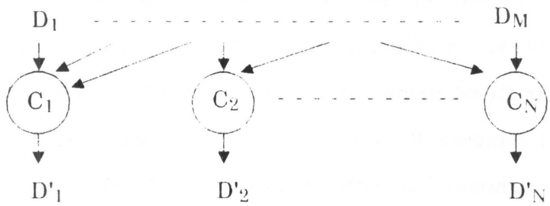

Figura 2

D_1, D_2, ..., D_M es el campo de Datos de entrada; C_1, C_2, ..., C_N son computadores actuando sobre todos o parte de los datos de entrada y D_1', D_2',...,D_N' es el campo de datos de salida.

2.3 Intercambio de espacio por tiempo

Es clásico que, en redes, el espacio y el tiempo son intercambiables. Esta intercambiabilidad resulta que es desafortunadamente dependiente de la operación de los módulos y de la estructura, y de ello se pueden presentar ilustraciones desde las triviales a las muy sofisticadas. Trivial es, por ejemplo, pasar de una red de módulos computacionales que calculan la misma operación, sea convolución en un campo de datos con campos receptivos restringidos, a un único modulo computacional que proporciona las salidas de todos los modulos secuencialmente.

Menos trivial es cuando la operación no es del tipo de convolución -generalizada o no- porque es preciso, en mometos apropiados, cambiar el programa del elemento computacional, o añadir nuevos elementos computacionales capaces de generar nuevos programas.

Un caso práctico obvio de interés de intercambiabilidad de espacio y tiempo para REF's se presenta, cuando, en las operaciones de los módulos, en algunos de ellos existen suboperandos, de manera que algunos o todos de sus operandos están siendo computados por otros modulos. Bastaría pues, para esos módulos, "esperar" un instante posterior, y operar, no sobre el campo de datos, sino sobre los resultados de esos otros módulos. Como se ve, es, en esencia, una regla heurística que ha de ser buscada para cada REF particular. Como ejemplo trivial, consideremos la REF de tres módulos de la figura 3, donde C_1 computa R_1 sobre D_1 y D_2, C_2 computa R_2 sobre D_3 y D_4 y C_3 computa una regla arbitraria R_3 sobre $R_3(R_1(D_1\ D_2),\ R_2(D_3\ D_4))$. La REF estricta de tipo paralelo es la indicada en la figura 3.

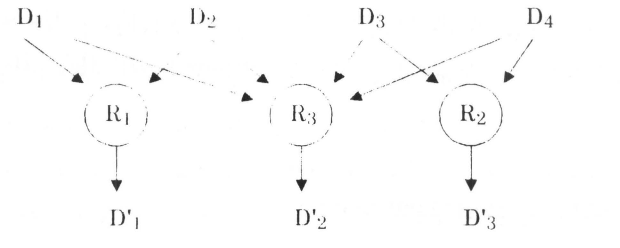

Figura 3

La intercambibilidad obvia se ilustra en la figura 4.

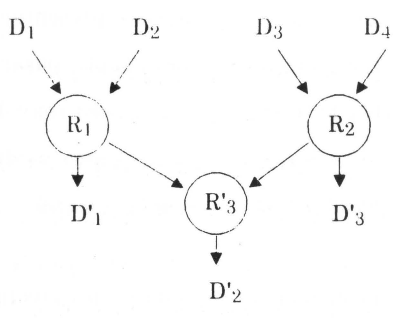

Figura 4

Si se usa una maquina secuencial para implementar la REF, evidentemente, la solución de la figura 4 es mas "barata", sobre todo si R_1, R_2 y R_3' coinciden.

En la practica, es preciso, dado un complejo REF-operaciones, analizar estructura y función para detectar posibles "trucos" de intercambiabilidad.

Ello nos lleva a las siguientes consecuencias, obvias, segun lo anterior.

Consecuencia 2.-

2.1. Para la intercambiabilidad estricta entre puro espacio y espacio-tiempo, es necesario, aunque no suficiente, que la red tenga una estructura REF. (Restricción Estructural)

2.2. La conversión espacio-tiempo, en el problema analítico que estamos considerando, depende ultimamente de la asignación de operaciones a los módulos computacionales, y ha de ser investigada en cada caso. (Restricción Funcional). Si se trata de operaciones tipo convolución -"convolution like"-, la conversión es inmediata. Esto es la base de la existencia de "algoritmos rápidos" en proceso paralelo, que en definitiva, tratan de conseguir, con el menor costo computacional, operaciones equivalentes a las realizadas por redes tipo REF.

3. EJEMPLO ILUSTRATIVO

Tal como hemos indicado, una caracteristica esencial de las transformaciones que combinan particiones con funcionales es el caracter esencialmente paralelo de la estructura computacional que las realiza. Como ejemplo ilustrativo y por razones de sencillez consideremos las particiones foveales de una capa. Consideremos una retina de 8 fotorreceptores y supongamos particiones de 5 grados de libertad, se generarán un número de ellas $L = N - d + 1$. Teniendo en cuenta el teorema anteriormente expuesto, para la descripción completa se requerirían, en media, $M = N/L = 2$ coeficientes independientes en cada partición. Dos funcionales independientes de dimensión 5 serían:

$$(1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1)$$

$$(1 \quad -1 \quad 1 \quad -1 \quad 1)$$

La matriz de transformación correspondiente sería:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

En la figura se muestra un esquema correspondiente a la computación distribuida de **dicha transformación**, donde obviamente puede apreciarse la estructura REF y la **restricción** funcional propia de la transformación.

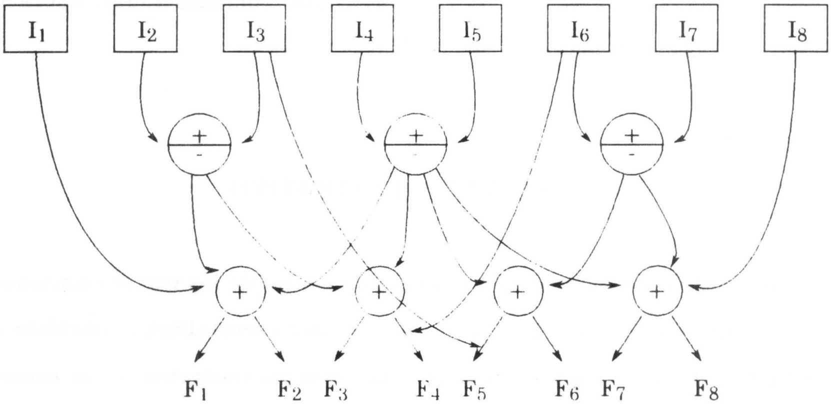

Figura 5

4. REFERENCIAS

[1] Bolivar Toledo O.: "Hacia una Teoria de las Transformaciones en Campos Receptivos y Campos de Datos". Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 1989.

[2] Candela Solá, S.: "Transformaciones de Campo Receptivo Varaible en Proceso de Imágenes y Visión Artificial". Tesis Doctoral. Universidad Politecnica de Canarias. 1987.

[3] McCulloch, W. S.; Pitts, W.: "A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity". Bull. Math. Biophisics, 5, pp 115-133. 1943.

[4] Moreno-Díaz, R.: "Nature Artificial Neural Net". Servicio de publicaciones del Departamento de Informatica y Sistemas. 1981.

Recibido: 10 de Diciembre de 1991