

Semejanza entre objetos tridimensionales aplicando redes neuronales Fuzzy ART

A. Angeles-Yreta, J. Figueroa-Nazuno

Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional,
Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" -Zacatenco- 07738 D.F, México
malberto@sagitario.cic.ipn.mx, jfn@cic.ipn.mx

Resumen. El problema de definir y computar semejanza entre objetos ha sido de gran interés por su aplicabilidad, estos objetos pueden ser series de tiempo, imágenes, objetos tridimensionales, etc., es así, un problema lejos de ser trivial. Específicamente este trabajo se enfoca en el problema de semejanza entre figuras geométricas tridimensionales creadas por un sistema típico de Diseño Asistido por Computadora (DAC). Múltiples técnicas han sido propuestas para determinar semejanza entre objetos tridimensionales; la mayoría de ellas contempla al menos una fase de extracción de características antes de determinar cualquier relación de semejanza entre dichos objetos. Resultados experimentales muestran la aplicabilidad de Redes Neuronales Artificiales (RNA) Fuzzy ART para el cálculo de semejanza y por ende clasificación de objetos tridimensionales excluyendo cualquier etapa de extracción de características. En la etapa final se logra la unificación de las clases obtenidas por las RNA utilizando el concepto de distancia de Hamming.

1 Introducción

El problema de determinar semejanza entre objetos es en esencia la tarea medular de muchas aplicaciones de Minería de Datos [1][11], tales como: Descubrimiento de Reglas, Búsqueda por Contenido y por supuesto Clasificación.

Algunos métodos de búsqueda de semejanza entre objetos tridimensionales utilizan técnicas de Extracción de Características [2][3][4], ello implica algún tipo de transformación del objeto tridimensional a un vector de características, con el objetivo de preservar, descubrir o seleccionar alguna propiedad, de esta forma ese vector de características puede ser manejado como una serie de tiempo que se define como una secuencia de observaciones realizadas a un Δt constante [1][5][7], otros métodos consideran los objetos tridimensionales como una secuencia de imágenes permitiendo aplicar métodos de búsqueda de semejanza entre imágenes [8][10], también se encuentran métodos basados en histogramas, que aunque puede ser un caso particular de los métodos basados en Ex-tracción de Características, usualmente es definido como una clase diferente. Por último existen métodos híbridos, que pretenden tomar características de distintos métodos de acuerdo a los objetos tridimensionales en cuestión. En este trabajo se presenta un método de búsqueda de

semejanza entre objetos tridimensionales sin ninguna etapa de Extracción de Características.

El presente trabajo está organizado de la siguiente forma. En la sección 2 se describe la RNA Fuzzy ART utilizada para la clasificación de series de tiempo y de la cual serán requeridas tres instancias para clasificar los vectores que componen a las figuras geométricas tridimensionales. En la sección 3 se describe la codificación de los objetos tridimensionales empleada para este trabajo, en la sección 4 se describe la abstracción de los Objetos Tridimensionales como Series de Tiempo; en la sección 5 se define la Metodología para las pruebas experimentales, Resultados en la sección 6 son presentados y finalmente en la sección 7 las Conclusiones.

2 RNA Fuzzy ART.

El cómo aprendemos cosas sin olvidar las ya aprendidas inspiró a Grossberg y Carpenter [6] a desarrollar una teoría, Adaptive Resonant Theory (ART), de ésta se desprenden una serie de arquitecturas RNA del tipo auto-organizadas. ART establece que la Memoria de Largo Plazo (LTM Long Term Memory) solamente registra un *patrón* cuando difiere de los demás en relación a un *umbral*, y que actualiza información en dicha memoria cuando se *entra* en un estado de *resonancia* debido a la semejanza de dicho patrón de entrada con los ya almacenados.

ART, ART2, FUZZY-ART, ARTMAP son parte de la familia de arquitecturas ART, con algunas modificaciones éstas permiten clasificar vectores de entrada binarios y análogos, así como el tipo de entrenamiento (supervisado y no supervisado). De aquí en adelante nos referiremos a la RNA Fuzzy ART. En la figura 1 se muestra la arquitectura de la RNA Fuzzy ART.

La RNA Fuzzy ART clasifica vectores de entrada al asignarles una clase dentro de las N clases posibles. La semejanza entre vectores de entrada esta determinada por tres parámetros $\alpha > 0$, ρ y β con rango $[0, 1]$.

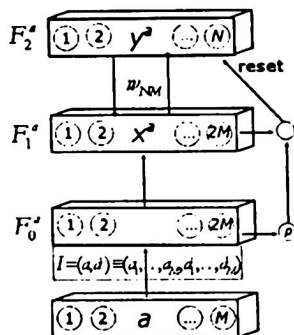


Fig. 1. El vector de entrada a , donde cada $a_i \in [0, 1]$ es el patrón a clasificar, para evitar una proliferación de clases el vector de entrada a de longitud M es convertido a un vector I de longitud $2M$ en la capa F_0^a , w_{NM} es la matriz de pesos, en ella se encuentran los vectores prototipo, F_2^a es una capa adaptativa o de contención.

A continuación se muestra el algoritmo de la RNA Fuzzy ART.

1. Establecer parámetros: $\alpha > 0$, $\beta \in [0,1]$, y $\rho \in [0,1]$
2. Iniciación de matriz de pesos $w_{11} = \dots = w_{NM} = 1$
3. Mientras existan vectores de entrada
 - 3.1. Establecer el vector de entrada a ,
 $I = (a, a^c) \equiv (a_1, \dots, a_M, a_1^c, \dots, a_M^c)$, donde $a_i^c \equiv 1 - a_i$
 - 3.2. Mientras no sea encontrada la categoría del vector de entrada
 - 3.2.1. Calcular T_j para cada nodo "clase",

$$T_j(I) = \frac{|I \wedge w_j|}{\alpha + |w_j|}$$
 - 3.2.2. Encontrar el nodo "ganador", $T_j = \max\{T_j : j = 1, \dots, N\}$
 - 3.2.3. Si $\frac{|I \wedge w_j|}{|I|} \geq \rho$ es VERDADERO $\equiv$ SIMILAR, entonces
 actualizar pesos $w_j^{(new)} = \beta(I \wedge w_j^{(old)}) + (1 - \beta)w_j^{(old)}$
 De otra forma, deshabilitar al nodo "clase" j e ir al paso 3.2.
- 3.3. Probar si el vector de entrada a ha encontrado su categoría
4. Probar condición de paro

3 Codificación de objetos tridimensionales

Aunque existen varias codificaciones de objetos tridimensionales, en este trabajo usamos una de las más sencillas, el formato *Object File Format* (OFF), ésta consiste en la definición de un arreglo de vértices V (1); este arreglo contiene todos los vértices que componen al objeto tridimensional, cada vértice v_i (2) es una tripleta con tres escalares que representan a los puntos en el plano x , y y z .

$$V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_k\} \quad (1)$$

$$v_i = \{x_i, y_i, z_i\} \quad (2)$$

Adicionalmente se define un arreglo de vértices F (3) que indica la secuencia en que estos vértices deben ser dibujados, este arreglo se conoce como índice de caras.

$$F = \{v_{c1}, v_{c2}, v_{c3}, \dots, v_{cn}\}, \text{ donde } 1 \leq c_i \leq k \quad (3)$$

Con los arreglos V y F , construimos una matriz de 3 por $(c \cdot k)$ que es un arreglo con los vértices en la secuencia en que éstos deben ser dibujados. A continuación se muestra el pseudo-código utilizado para la construcción de dicha matriz:

```
function [M] = BuildMatrix(Vertices, Faces)
    for i=1:length(Faces)
        M(i) = GetVertex(Faces(i), Vertices);
    end
    return M;
end function
```

De lo anterior se formula que:

$$M = \{V_{F_1}, V_{F_2}, V_{F_3}, \dots, V_{F_c}\} \quad (4)$$

4 Objetos tridimensionales como series de tiempo

Una vez que logramos tener un arreglo M de acuerdo a (4) con los vértices en la secuencia en que éstos deben ser dibujados, creamos tres series de tiempo X , Y y Z , donde los elementos de la serie de tiempo X , son los componentes del plano x de los vértices, de la misma forma son constituidas la serie de tiempo Y y Z . En la figura 2 se muestra un ejemplo en el que el objeto tridimensional es representado por tres series de tiempo

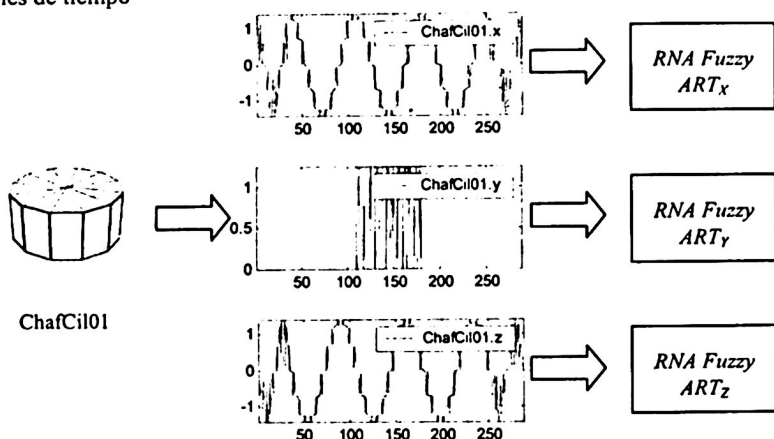


Fig. 2. En esta figura se muestra cómo un objeto tridimensional puede ser abstraído en tres series de tiempo, tomando para la serie de tiempo X , la columna 1 (plano x), de la matriz M , y así sucesivamente con las series de tiempo Y y Z .

La creación de tres RNA Fuzzy ART que comparten los mismos valores para los parámetros rho, alpha y beta es necesaria para clasificar el objeto tridimensional en sus diferentes componentes. Ello implica una etapa final para la *unificación* de clases obtenidas por las RNA Fuzzy ART. En la tabla 1 se muestran resultados parciales de un caso particular.

Las tres RNA Fuzzy ART comparten los mismos valores para los parámetros rho, alpha y beta, estas RNA generarán tres clasificaciones que pueden ser distintas para cada objeto tridimensional de un conjunto dado.

Una vez obtenidas las tres listas de *clases*, las cuales contienen las clasificaciones de los objetos tridimensionales de acuerdo a su semejanza, se convierten los índices de clases a cadenas binarias concatenadas para calcular su distancia de Hamming con

respecto de todas las demás y así *unificar* las clases. La Tabla 2 muestra un ejemplo de conversión a cadena binaria de los índices de clases y su distancia de Hamming.

Tabla 1. En la columna de la extrema derecha se encuentran los objetos tridimensionales que han sido ingresados a las tres RNA en forma de series de tiempo y su respectiva clase en el plano *X*, *Y* y *Z*.

	Clase en X	Clase en Y	Clase en Z
ChafCil01	0	0	0
ChafCil02	0	0	0
ChafCil03	0	0	0
ChafCil04	0	0	0
ChafCil05	1	0	1
ChafCil06	2	1	2
Ext_C01	3	1	3
Ext_C02	3	1	3
Ext_C03	3	1	3
Ext_C04	3	1	3

Tabla 2. El primer objeto de la lista que resulta ser ChafCil01 calcula la distancia de Hamming de sus clases en *X*, *Y* y *Z* con el resto de los objetos, la primer clase se creará para todos aquellos que su distancia de Hamming es menor o igual a 1.

	ChafCil01:000000000000000000000000
ChafCil01:000000000000000000000000	0
ChafCil02:000000000000000000000000	0
ChafCil03:000000000000000000000000	0
ChafCil04:000000000000000000000000	0
ChafCil05:000000010000000000000001	2

En la tabla 2 se muestra un ejemplo en el que del objeto ChafCil01 al ChafCil04 comprenden una clase, digamos la 0, debido a que su distancia de Hamming es menor o igual a 1, es decir, el objeto ChafCil05 será ahora el nuevo candidato a computar su distancia con resto de los objetos para crear otra clase, digamos 1, sin considerar los que ya pertenecen a una clase, que son para este caso los objetos de la clase 0.

5 Metodología

En resumen la abstracción de objetos tridimensionales a series de tiempo nos permite el uso de técnicas probadas para la búsqueda de semejanza entre series de tiempo

como es la RNA Fuzzy ART. A continuación se muestra la metodología para determinar semejanza entre objetos tridimensionales.

- I. Por cada objeto tridimensional codificado de acuerdo a la sección 3.
- II. Crear tres series de tiempo $X_{Objeto1}$, $Y_{Objeto1}$ y $Z_{Objeto1}$.
- III. Redimensionar todas las series de tiempo a una longitud constante. En este trabajo utilizamos 1000 puntos por cada serie de tiempo.
- IV. Ingresar las series de tiempo $X_{Objeto1}$, $Y_{Objeto1}$ y $Z_{Objeto1}$ a las RNA Fuzzy ART_x, RNA Fuzzy ART_y, RNA Fuzzy ART_z, respectivamente, las tres RNA comparten los mismos valores para rho, alpha y beta, así como el mismo número de clases de salida.
- V. Unificar las clases con la distancia de Hamming, de acuerdo a la sección 4.
- VI. Listar los objetos de acuerdo a su clase.

6 Resultados

El experimento consist en 46 objetos tridimensionales, el objetivo era poder clasificarlos de acuerdo a su semejanza; a continuación se muestran las 18 clases que se obtuvieron con los siguientes parámetros:

`net.InitializeFuzzyART(0.7, 0.1, 1); //Rho, Alpha y Beta`

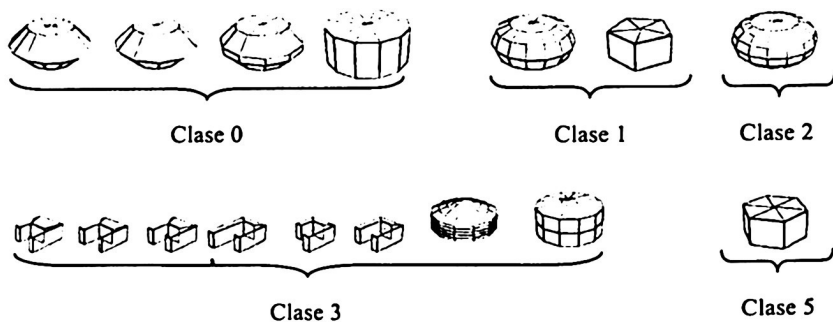


Fig. 3. En esta figura se muestran 5 clases, la clase 3 los últimos dos objetos parecen un tanto distintos a los 6 primeros, esta clasificación es correcta, el proceso de redimensionar las series de tiempo a una longitud constante obliga a la RNA Fuzzy ART a colocarlos en la misma clase.

El método propuesto genera clases bien definidas en base a su semejanza, con los parámetros correctos la clasificación de objetos tridimensionales es muy factible. El problema que presenta la clase 3, y quizá la clase 12 se deben al método para redimensionar las series de tiempo. Este trabajo no se enfoca en la técnica para redimensionar las series de tiempo, la repercusión de redimensionar las series de tiempo a una longitud constante es tema para un trabajo futuro.

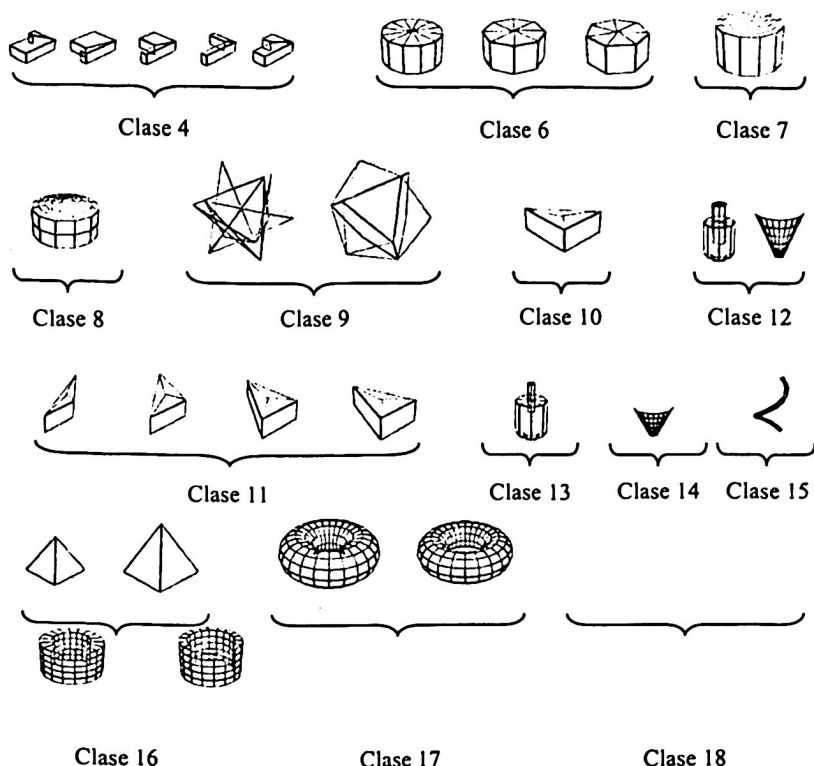


Fig. 4. En esta figura podemos observar el resto de las clases creadas con el método propuesto.

7 Conclusiones

Resultados experimentales de este trabajo muestran la viabilidad de usar RNA Fuzzy ART y la distancia de Hamming para la búsqueda de semejanza en objetos tridimensionales. Siendo así uno de los métodos más sencillos y directos para dicha tarea. A diferencia de otros métodos, la combinación de RNA Fuzzy ART y distancia de Hamming resulta única; trabajos futuros en base a éste resultan alentadores, algunos de ellos son: estudiar más a fondo el proceso para redimensionar las series de tiempo y su repercusión sobre la clasificación, así como distintas formas de combinar las series de tiempo para representar los objetos tridimensionales a clasificar.

Referencias

1. Angeles-Yreta, A., Solís-Estrella, H. Landassuri-Moreno, V. Figueroa-Nazuno, J.: Similarity Search In Seismological Signals. Fifth Mexican Internacional Conference on Computer Science. Colima, México. (September 2004) 50-56.
2. Hlavaty, T., Skala, V.: Survey of Methods for 3D Model Feature Extraction. Bulletin of IV. Seminar "Geometry and Graphics in Teaching Contemporary Engineer". Szczyrk, Poland. No: 13/03. (2003) 5-8.
3. Popivanov, I., Miller, R.: Similarity Search Over Time-Series Data Using Wavelets. Proceedings of the 18th International Conference on Data Engineering. San José, California. (February 2002) 212-224.
4. Jianguo, L. Jingdong, W.: Fuzzy ART based Texture Classification. Report of the Neural Networks Course, Department of Automation, TsingHua University. Beijing, China, January 2002.
5. Keogh, E., Chakrabarti, K., Pazzani, M., Mehrotra, S.: Dimensionality Reduction for Fast Similarity Search in Large Time Series Databases. Knowledge and Information Systems. (August 2000) 263-286.
6. Carpenter, G., Grossberg, S., Rosen, D.: Fuzzy ART: Fast Stable Learning and Categorization of Analog Patterns by an Adaptive Resonance System. Neural Networks. Pergamon Press. Vol. 4, pp. 759-771.
7. Kriegel H.-P., Brecheisen S., Krger P., Pfeifle M., Schubert M.: Using Sets of Feature Vectors for Similarity Search on Voxelized CAD Objects. Proc. ACM SIGMOD Int. Conf. on Management of Data (SIGMOD'03). San Diego, California. (2003).
8. Bradski, G., Grossberg, S.: Fast-learning VIEWNET architectures for recognizing 3-D objects from multiple 2-D views. Neural Networks. Vol. 8. No. 7-8. (1995) pp. 1053-1080.
9. Feature Extraction, Construction and Selection: A Data Mining Perspective. Kluwer Academic Publishers. Edited by Huan Liu, Hiroshi Motoda. Second ed. (1998).
10. Lankalapalli K., Chatterjee S, Chang T.C.: Feature Recognition Using ART2: a Self-organising Neural Network. Journal of Intelligent Manufacturing. Vol. 8. No.3. (1997) pp. 203-214.
11. Zaharia T., Preteux F.J. 3D Shape-based retrieval within the MPEG-7 framework. Nonlinear Image Processing and Pattern Analysis XII (Proceedings of SPIE Volume 4304). San Jose, California. (2001)pp. 133-145.