

APLICACIÓN DE REDES NEURONALES A LA MODELIZACIÓN DE LAS PREFERENCIAS DEL USUARIO DE PRODUCTOS DE CONSUMO

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS TO THE MODELIZATION OF PRODUCTS USER PREFERENCES



José. A. Diego Mas
Doctor Ingeniero Industrial
Universidad Politécnica de Valencia

Recibido: 27/11/07
Aceptado: 11/02/08

RESUMEN

Cuando un usuario emite juicios sobre sus preferencias respecto a un determinado producto de consumo está llevando a cabo un proceso de decisión condicionado por múltiples factores, tanto inherentes al propio sujeto como de carácter exógeno. Si se conviene que el juicio emitido se basa en lo que el usuario percibe del producto debe existir una relación entre los atributos del producto y el juicio emitido. No obstante, dicha relación es de difícil definición debido a su complejidad y a su carácter difuso.



Sabina Asensio Cuesta
Ingeniero Informático
Universidad Politécnica de Valencia

En este trabajo se propone un modelo basado en redes neuronales artificiales que sirva como herramienta al diseñador para conocer cuál será la opinión del usuario respecto al producto objeto de diseño. Empleando como base dicho modelo se exponen los resultados obtenidos en su aplicación práctica.

Palabras clave: inteligencia artificial, preferencias del usuario, diseño de producto.

ABSTRACT

When a user emits judgments on his preferences with respect to a certain product, he is carrying out a decision



Jorge Alcaide Marzal
Doctor Ingeniero Industrial
Universidad Politécnica de Valencia

process conditioned by multiple factors. If the emitted judgment is based on the user perception, a relation between the product attributes and the emitted judgment must exist. However, this relation is difficult to obtain due to its complexity and to its diffuse character.

In this work a neural network based model is proposed relating product attributes and user perception. This model is a tool for the designer who can know the user opinion about the product in early design phase. The results obtained in their practical application are exposed.

Key words: artificial intelligence, user preferences, product design.

1. INTRODUCCIÓN

El modo en el que los usuarios perciben un determinado producto de consumo es un factor relevante en el éxito o fracaso del mismo en el mercado. La sobreabundancia de oferta de productos con funcionalidades similares provoca que el comprador se decante por una alternativa u otra basando su decisión de compra en aspectos no funcionales de los objetos como colores, texturas, la aparición o situación de ciertos símbolos o la imagen de marca [4] [1]. Estos aspectos no funcionales determinan la percepción emotiva del objeto. Lograr productos que sean percibidos por el usuario de una manera concreta es por tanto un nuevo requerimiento de diseño.

Diseñadores e ingenieros disponen de herramientas que tratan de validar la funcionalidad del futuro producto en etapas tempranas del proceso de diseño. Estas herramientas basan su funcionamiento en la modelización geométrica, dinámica, cinemática, estructural o estética del producto, y en modelos de la morfología o modos de comportamiento del usuario. De la misma forma sería deseable disponer de herramientas que permitieran al diseñador determinar cómo percibirá el usuario un producto de consumo en función de sus atributos no funcionales cuando el producto se encuentra en proyecto.

Establecer un modelo que relacione los atributos del producto con el modo en que es percibido es una tarea compleja. La dificultad radica, fundamentalmente, en que dichas relaciones son de elevada complejidad, de carácter eminentemente difuso y a que están afectadas por multitud de factores externos al sistema usuario-producto. En general no es posible encontrar relaciones biunívocas entre los atributos del producto y el modo en el que éste se percibe. La ingeniería *Kansei* [10], que aborda este problema, ha desarrollado algunas herramientas que permiten determinar cómo valorará el usuario un producto a partir de los atributos no funcionales del mismo, o a la inversa, determinar los atributos del producto que

harán que el usuario lo perciba de cierta forma. No obstante, el camino más prometedor en este ámbito parece ser el empleo de las técnicas englobadas en lo que genéricamente se denomina Inteligencia Artificial. Su desarrollo en los últimos años ha abierto un camino sobre el que se están dando los primeros pasos. De entre estas técnicas, las *redes neuronales artificiales* (RNA) [9] y los algoritmos genéticos (AG) [5] son especialmente prometedores.

En este trabajo se presenta un modelo basado en redes neuronales y algoritmos genéticos que relaciona los atributos del producto con el modo en que es percibido por el usuario. Este modelo, implementado en una aplicación informática, es una herramienta que permite al diseñador determinar cuál será la respuesta de los consumidores ante determinada combinación de atributos de un producto. Si la respuesta no es satisfactoria es posible modificar los atributos hasta lograr la respuesta deseada.

En el siguiente apartado se describe de forma breve el funcionamiento de las RNA y los AG. En el apartado 3 se propone un posible proceso a través del cuál la información que le llega al consumidor sobre el producto se transforma en un juicio sobre el mismo. Este proceso teórico sirvió de base para la elaboración del modelo basado en RNA y AG que se expone en los apartados 4 y 5. El

apartado 6 muestra la aplicación práctica del modelo a un caso de estudio y, por último, el apartado 7 expone las conclusiones extraídas del trabajo desarrollado y propone posibles nuevas vías de investigación.

2. REDES NEURONALES Y ALGORITMOS GENÉTICOS

Desde que en 1957 Frank Rosenblatt desarrollara la red neuronal *Perceptron* [14] hasta nuestros días, estos sistemas de procesamiento paralelo, inspirados en los esquemas de funcionamiento cerebrales, han aumentado paulatinamente su capacidad para tratar e interpretar información de carácter difuso o inconsistente. Precisamente esta característica y su capacidad para aprender (en contraposición a los sistemas secuenciales), las convierten en el instrumento idóneo para generar modelos como los descritos en el apartado anterior y, de hecho, ya existen aplicaciones de las RNA en este ámbito [6] [12].

Una neurona artificial es una abstracción matemática del funcionamiento de las neuronas naturales. Simplificando mucho podría compararse con un amplificador operacional en el que se reciben las señales de entrada, se comprueba si se supera una función de activación, y si es pertinente se produce la señal de salida (ver figura 1). Las señales de entrada pueden representar información de lo que se quiere modelizar o bien las se-

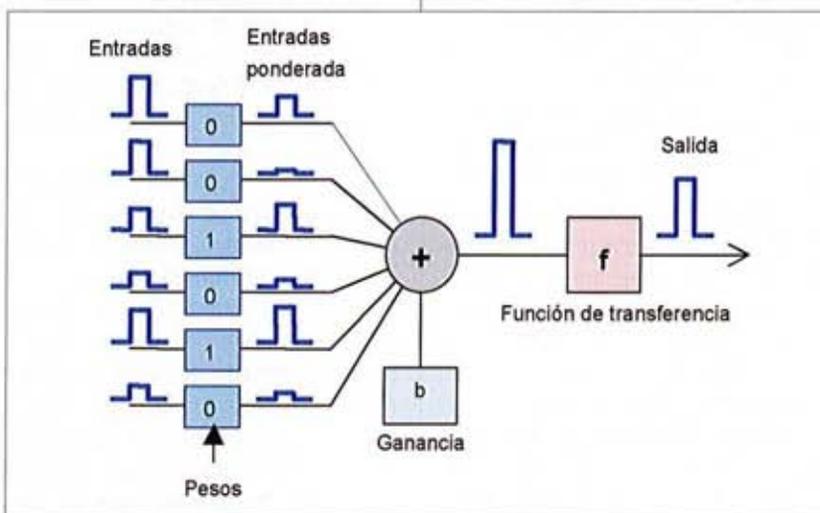


Figura 1. Funcionamiento de una neurona artificial

ñales de salida de otras neuronas que llegan a las sinapsis correspondientes. Los pesos representan la intensidad con que la sinapsis transmite la señal de la neurona presináptica a la postsináptica. Una función de activación en la neurona determina el umbral que deben sobrepasar las señales para que se produzca la salida.

Las RNA suelen estar formadas por varias neuronas interconectadas (salvo excepciones como la red Perceptron formada por una única neurona). La disposición y forma de conexión varía de unos tipos de redes a otras, pero de forma general las neuronas se disponen en capas. La capa de entrada no es en sí una capa de neuronas sino que son los puntos donde se recogen las señales que se entregarán a la red. En esta capa no se procesa la información. Las capas internas (denominadas capas ocultas) recogen la información de la capa de entrada y la procesan. El número de capas ocultas, el número de neuronas por capa y la forma en que se conectan varían de unas redes a otras, y es lo que se denomina *topología de la red*. La capa de salida recibe la información de la última capa oculta y la transmite al medio.

Una vez configurada la topología de la red, y para que ésta pueda ofrecer salidas convenientes a las entradas que se le presenten debe ser sometida a un proceso denominado *entrenamiento*. En este proceso se le ofrece a la red el resultado esperado a una serie determinada de entradas. Las salidas proporcionadas por la red a estas entradas son comparadas con las salidas esperadas y se evalúa el error cometido. En función de ese error se modifican los pesos de los enlaces y los valores de las ganancias de las neuronas. Este proceso se repite hasta conseguir que el error alcance una cota superior determinada, punto en el cual se considera que la red está entrenada.

Existen multitud de tipos y posibles clasificaciones de las RNA atendiendo a criterios como la forma de aprendizaje, el tipo de valores de entrada, el tipo de funciones de activación o la topología [13]. De forma

Una neurona artificial es una abstracción matemática del funcionamiento de las neuronas naturales

práctica, el proceso de obtención de una RNA adecuada para resolver un determinado problema sería el siguiente:

- Preparar un número suficientemente elevado de instancias del problema y sus respectivas soluciones. Parte de estos datos se emplearán en el proceso de entrenamiento de la red (datos de entrenamiento). La otra parte no se empleará en el entrenamiento y será usado para validar el buen funcionamiento de la red una vez entrenada (datos de test).

- Elegir un tipo de red, la topología, los tipos de funciones de activación y, en definitiva todos los parámetros de la red (como los pesos iniciales de las conexiones entre las neuronas).

- Entrenar la red y validar su funcionamiento con los datos de test. En caso de que los resultados no sean satisfactorios modificar los parámetros, la topología de la red o probar con otros tipos de redes.

- Si los resultados son satisfactorios la red será capaz de predecir de forma correcta las salidas adecuadas a nuevas entradas.

Para la selección del tipo de red y sus parámetros no existe un procedimiento sistemático. El tipo de red debe elegirse en función del proceso que se trata de modelizar. Sin embargo, el proceso por el cual la información del producto que llega al consumidor se transforma en un juicio respecto al producto no está claramente establecido. Por ello se planteó un posible proceso que sirviera de base para la selección de los tipos de redes a emplear que es expuesto

en el apartado 3.

Por otra parte, las topologías de las redes, las funciones de transferencia de las neuronas y diferentes combinaciones de parámetros deben establecerse probando diferentes combinaciones hasta determinar cuál es la que se adapta mejor al problema que se trata de resolver. Dado que el número de posibles combinaciones de parámetros es muy elevado esta labor puede resultar costosa. Para solventar este problema puede emplearse un AG que explore el espacio de posibles combinaciones y guíe la búsqueda de la mejor combinación. Además, en el presente trabajo se empleará un AG para determinar que atributos del producto resultan relevantes para el usuario.

Los AG fueron desarrollados por J.H. Holland en 1975. De forma general, estos algoritmos realizan una búsqueda estocástica guiada basándose en la evolución reiterada de un conjunto de estructuras y la selección de las más adecuadas en cada ciclo, estableciendo una analogía natural con la evolución de las especies. El punto de partida es un conjunto de soluciones al problema que se denominan *individuos*.

En el caso del presente trabajo, los individuos son diferentes combinaciones de pesos para cada uno de los atributos del producto que se está valorando generados de manera aleatoria. A este primer conjunto de individuos se le denomina *población inicial*. Cada uno de estos individuos está codificado mediante una cadena de longitud finita (*cromosoma*). La población es sometida a una serie de

transformaciones que dan lugar a una nueva población de individuos (*nueva generación*). Estas transformaciones se llevan a cabo mediante la definición de una serie de operadores genéticos. Los más habituales son la *selección*, el *cruce*, y la *mutación*, que actúan combinando las cadenas que representan a los individuos. En cada generación se valora la bondad de las soluciones que conforman la población mediante una función de transformación (*función objetivo*). En este trabajo la calidad de los individuos (la bondad de los pesos asignados a cada atributo) se mide por la capacidad de la RNA para predecir las respuestas del usuario una vez entrenada con dichos pesos de los atributos. A partir de la valoración de los individuos de la población, e incluyendo cierto grado de aleatoriedad, se favorece a los individuos mejor dotados en un proceso de selección para conformar la siguiente generación. Este proceso es repetido cierto número de ciclos (*generaciones*) logrando que los individuos de la población evolucionen obteniendo buenas soluciones al problema que se trata de resolver, en este caso, determinar la importancia que el usuario otorga a cada atributo del producto.

3. UNA PROPUESTA DE PROCESO DE PERCEPCIÓN

Como se ha indicado en el apartado anterior, para escoger el tipo de RNA más adecuado para generar un modelo que prediga la opinión de un usuario sobre un producto, es necesario conocer, aunque sea de manera aproximada, el proceso que se trata de modelizar.

Se sabe que el producto, dejando de lado su funcionalidad, posee una serie de atributos perceptibles por los sentidos del usuario que pueden caracterizarse en diferentes niveles. Tomando como ejemplo el atributo *Color*, éste podría adoptar los niveles *Rojo*, *Verde*, *Naranja*, etc. El número de atributos y de niveles del atributo que resultan relevantes en la opinión del usuario se considerará no determinable a priori, aunque en este sentido existen herramientas como el

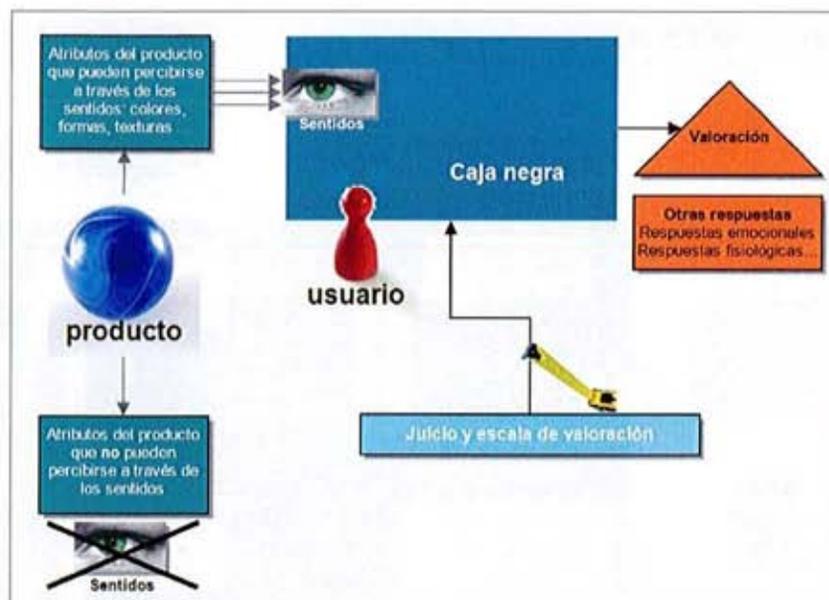


Figura 2. Modelo de caja negra atributos-valoración

Análisis Conjunto [7] [3] que pueden servir de ayuda en la determinación de la importancia de cada atributo. La información correspondiente a dichos atributos y niveles de atributo llega al usuario a través de los sentidos (ver figura 2). A partir de esta información el usuario valorará el producto cuando sea preguntado. Evidentemente, es necesario haber establecido qué se va a preguntar al usuario y la escala de valoración.

A partir de este punto no es posible seguir basándose en las evidencias. El proceso mental que tiene lugar en el usuario desde que recibe la información a través de los sentidos hasta que emite su juicio entra en el ámbito de las hipótesis. Así pues, lo que se ha obtenido es una "caja negra" a la que llegan una serie de entradas (niveles de atributo) y de la que se obtiene como salida la valoración (figura 2).

Es posible a partir de este punto teorizar con lo que ocurre en el interior de dicha caja negra. Las hipótesis planteadas servirán para la elaboración del modelo basado en RNA, y se considerarán validadas si finalmente el modelo obtenido a partir de ellas es capaz de predecir las respuestas del usuario. Antes de exponer dicho proceso hipotético se hace necesario diferenciar entre *sensación* y *percep-*

ción, dos conceptos que serán empleados posteriormente. La sensación es la impresión que las cosas producen por medio de los sentidos y es inmediata tras la excitación fisiológica de los mismos. Es una experiencia inmediata básica generada por estímulos aislados simples [8]. La percepción es la interpretación mental de las sensaciones, organizándolas y otorgándoles significación, y requiere de una participación activa del cerebro [2].

Evidentemente la percepción es posterior a la sensación, y en esta premisa se basa el proceso hipotético que se expone a continuación dividido en etapas y que se muestra, además, en la figura 3.

ETAPA 1: RECEPCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Una vez que la información llega a los sentidos ésta es tratada de manera diferente en cada usuario. Parece lógico pensar que existen una serie de condicionantes particulares que afectan a la sensación que esa información produce en cada individuo. Por ejemplo, podría hablarse de condicionantes de tipo fisiológico: la capacidad de los sentidos para percibir los detalles o la educación de los mismos en la percepción de determinados atributos; de tipo psicológico:

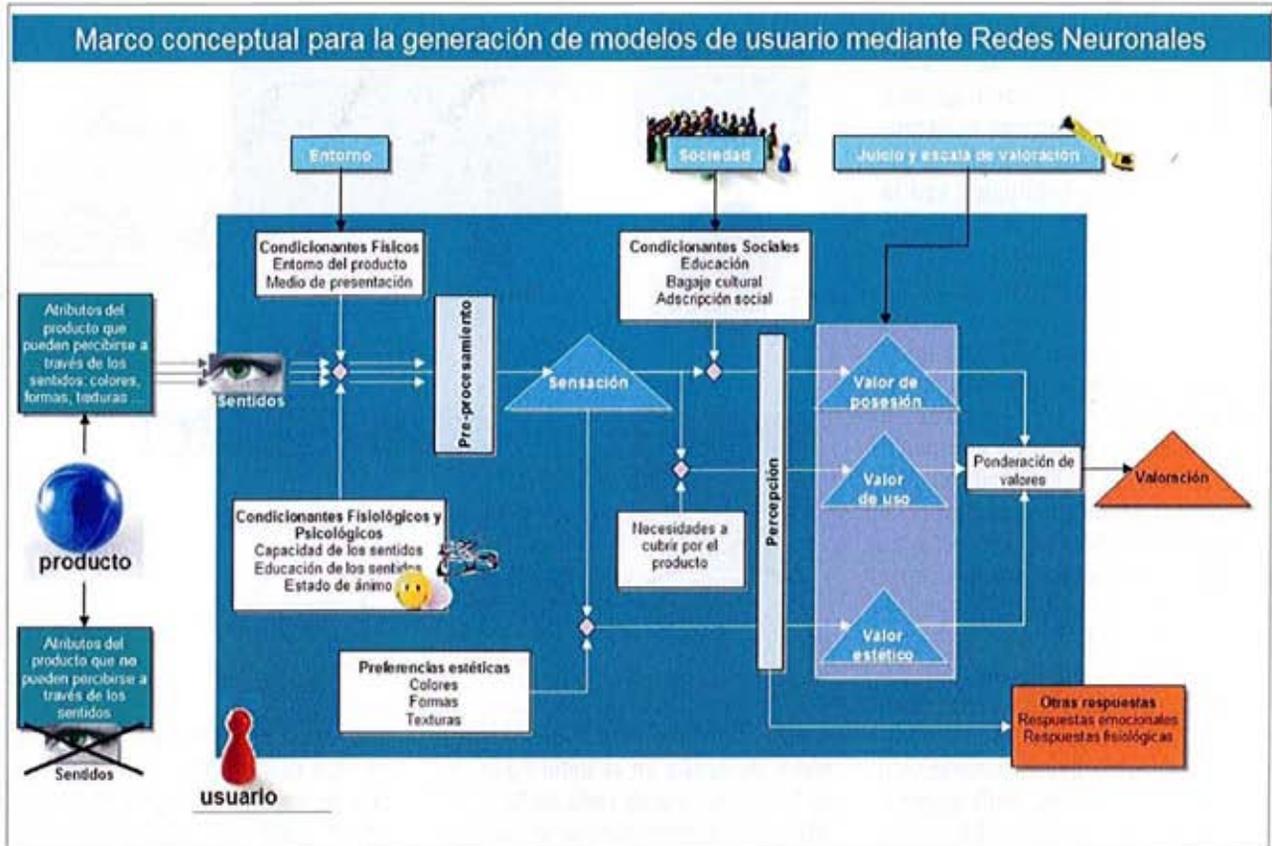


Figura 3. Esquema de la propuesta de proceso de percepción del usuario

el estado de ánimo del observador; de tipo físico: el entorno y el medio de presentación del producto, o de tipo social: educación, acervo cultural o adscripción social.

ETAPA 2: FILTRADO DE LA INFORMACIÓN

La información llegada a través de los sentidos es filtrada antes de generar la sensación. No todos los atributos del producto tendrán la misma relevancia, e incluso alguna información no influirá en absoluto. En esta etapa se elimina información superflua y se da preponderancia a la relevante.

ETAPA 3: PREPROCESADO DE LA INFORMACIÓN

La información ya filtrada en la etapa anterior es preprocesada antes de generar la sensación. En esta etapa la información puede combinarse para dar lugar a atributos combinados que pueden ser determinantes en la sensación producida. Podemos ha-

blar de una integración de los datos que añade, a la recibida por los sentidos, información global sobre el producto. Esta etapa finaliza con la generación de la sensación.

ETAPA 4: PERCEPCIÓN Y VALORACIÓN

Una vez que se produce la sensación a partir de la información preprocesada comienza el proceso de percepción. Se plantea aquí la percepción como el proceso por el que, a partir de la sensación, se realiza una valoración del producto en aquel aspecto que se le pide al usuario que juzgue. Por supuesto, la percepción producirá otro tipo de respuestas de tipo emocional o fisiológico que quedan fuera del ámbito de este trabajo. Supongamos que al usuario se le pide que valore en una escala Likert algo tan genérico como cuánto le gusta el producto observado. Para realizar esta valoración global el usuario realiza una serie de valoraciones paralelas. Así, asignaría al producto un va-

lor de uso: ¿cuánto cubre el producto mis necesidades?; un valor de posesión: ¿cuánto deseo poseer el producto?; o un valor estético: ¿en que medida los niveles de los diferentes atributos se ajustan a mis preferencias? Finalmente, mediante una ponderación de las diferentes valoraciones emitiría el juicio solicitado (ver figura 3).

4. MODELO BASADO EN REDES NEURONALES

Tomando como base la propuesta de proceso de percepción expuesto en el apartado anterior se generó un modelo basado en RNA y en AG, para predecir la valoración de los usuarios respecto a un producto de consumo.

Como se ha indicado existen condicionantes particulares que provocan que la sensación producida a partir de la información llegada a través de los sentidos difiera de un usuario a otro. Por lo tanto, el modelo que se presenta será válido para un único usuario. Así, al entrenar las

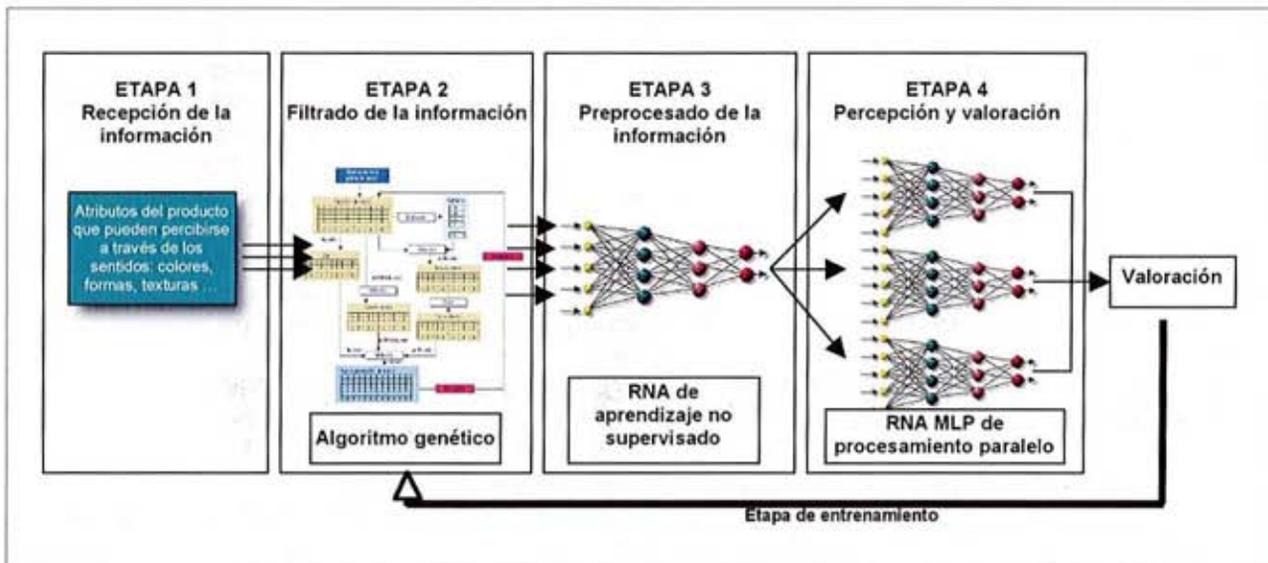


Figura 4. Modelo basado en RNA

RNA con los datos recogidos de un usuario particular (ver apartado 2), la propia estructura de la red neuronal será capaz de modelizar las particularidades físicas, psicológicas y fisiológicas del mismo, dado que dicha información está implícita en las respuestas dadas por el usuario. En el apartado 5 se expondrá cómo generalizar el modelo individual a todos los usuarios del mercado.

El modelo desarrollado está compuesto por un algoritmo genético que realiza las funciones de filtrado de la información correspondiente a la etapa 2 del proceso de percepción antes descrito, una RNA de aprendizaje *no supervisado* para el preprocesado de la información de la etapa 3, y una RNA de procesamiento paralelo para modelizar la percepción y emitir la valoración en la última etapa (ver figura 4). Este modelo, como cualquiera basado en RNA, requiere de un proceso de entrenamiento. Durante este proceso al modelo se le proporciona información sobre qué ha respondido el usuario al preguntársele por un número suficientemente elevado de productos. Una vez entrenado, el modelo será capaz de predecir la opinión del usuario ante nuevos productos.

La primera tarea a realizar es, por tanto, determinar los atributos más destacables del producto que se trata de analizar y los niveles que pueden tomar dichos atributos. Para ello es posible emplear técnicas como el Análisis Conjunto [7] [3]. A continuación se escogerá un número suficiente de productos (del mismo tipo) y se parametrizarán, es decir, se establecerá qué nivel poseen en cada atributo. Se entrevistará al usuario que se quiere modelizar mostrándole cada producto y solicitándole que emita un determinado juicio sobre ellos. Parte de estos datos se emplearán para el proceso de entrenamiento (datos de entrenamiento) y otra parte para, una vez entrenado el modelo, validar que los resultados son correctos (datos de test).

Durante la fase de entrenamiento, se introducirá en el modelo la información referente a los atributos del producto y se comparará la salida del modelo con la opinión del usuario. En esta fase la información de los atributos del producto pasará al AG de la etapa 2 que creará una población de soluciones (ver apartado 2) que representan diferentes combinaciones de pesos de cada atributo del producto. A la RNA de la etapa 3 llegará la información de los atributos ponderada por los pesos asignados por el AG. El AG empleará para evaluar la bondad de cada combinación de pesos el error cometido por las RNA de las siguientes etapas al predecir la opinión del usuario (reflejado en la figura 4 mediante una línea discontinua). Tras cierto número de iteracio-

Una vez que la información llega a los sentidos ésta es tratada de manera diferente en cada usuario

nes el AG será capaz de ponderar adecuadamente la información de entrada.

Ya se ha dicho que la RNA de la etapa 3 recibe la información de los atributos del producto en cuestión filtrada por el AG de la etapa 2. La RNA de la etapa 3 debe preprocesar esta información combinándola para dar lugar a nueva información significativa. El tipo de red escogido es una red de aprendizaje no supervisado. Este tipo de aprendizaje no emplea información sobre la salida que debe ofrecer la red, va adecuando los pesos de las conexiones entre las neuronas en función de la información interna que va recogiendo de las entradas. Este

nes paralelas que posteriormente combina en un único juicio.

Así pues, durante la etapa de entrenamiento, el modelo ajustará los pesos de las conexiones entre las neuronas de las RNA, y el AG determinará los pesos de los atributos del producto comparando las salidas del modelo con las opiniones reales del usuario. Una vez concluida la fase de entrenamiento se valida el buen funcionamiento del modelo empleando los datos de test. Como se ha dicho anteriormente los datos de tests son respuestas que el usuario ha dado a cierto número de productos y que no han sido empleados en la fase de entrenamiento. Si el modelo es capaz de

Al emplear estos procedimientos lo que se está modelizando es la respuesta media de los usuarios, lo que implica aventurar que existe un proceso perceptivo global del mercado que la red debe modelizar. Sin embargo, el trabajo aquí expuesto parte de la premisa de que existe una relación lógica (aunque compleja) entre los atributos del producto y la opinión del usuario. Esta relación es lógica porque tiene lugar en un proceso perceptivo llevado a cabo en el cerebro del usuario, y por lo tanto es particular para cada individuo.

El problema de la individualidad del modelo presentado puede salvarse mediante un muestreo adecuado

Se entrevistará al usuario que se quiere modelizar mostrándole cada producto y solicitándole que emita un determinado juicio sobre ellos

tipo de entrenamiento se utiliza principalmente para clasificar y diferenciar rasgos significativos de un conjunto de datos no clasificado a priori, dado que la red internamente intenta encontrar redundancias y rasgos significativos para agrupar la información. La salida de esta red es un conjunto de datos sobre el producto más reducido pero de mayor significación.

Esta información de *calidad* pasa, en la etapa 4, a una RNA *Multilayer Perceptron* de procesamiento paralelo. Este tipo de redes procesan sus entradas empleando varias redes en paralelo, combinado finalmente sus salidas en un resultado común. De esta forma se tiende a crear cierta especialización de cada una de las subredes en la emisión de un tipo de valoración [11]. Se ha escogido este tipo de red porque, como se indicó en apartado anterior, para realizar la valoración global del producto el usuario realiza una serie de valoracio-

ofrecer una valoración similar a la del usuario para estos datos podrá considerarse que es válido.

5. GENERALIZACIÓN DEL MODELO

Sería deseable que el modelo presentado en el apartado anterior fuera válido para representar la opinión del mercado en lugar de la de un único usuario. Salvo excepciones, el diseñador debe tratar de que la percepción asociada al producto sea satisfactoria para la mayor parte de los posibles usuarios. En general, los trabajos realizados hasta la fecha en la obtención de modelos de usuario mediante RNA han perseguido ese objetivo [6] [12]. El procedimiento empleado habitualmente para conseguir modelos globales es emplear, para entrenar a las RNA, la media de las valoraciones que un grupo de usuarios representativos da de los productos que se evalúan (muestra del mercado).

del mercado. Aunque los procesos perceptivos varían de usuario a usuario, es posible realizar agrupaciones de usuarios en función de sus valoraciones del producto mediante procedimientos de *clustering*. Para ello se escoge una muestra de usuarios representativa del mercado y se agrupan en función de las respuestas a un conjunto reducido de productos. Una vez agrupados se escoge a un usuario representativo de cada grupo, obteniendo un modelo de RNA individual para cada uno de ellos. La salida de cada uno de estos modelos individuales será la opinión del grupo al que representa el usuario. Ponderando la salida de cada modelo individual por el tamaño del grupo al que representa cada usuario, será posible obtener un modelo global del mercado. Como en cualquier otro ámbito el tamaño de la muestra de usuarios y el número de grupos formados influirán en la exactitud del modelo.

6. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MODELO A UN CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio presentado a continuación pretendía determinar la capacidad del modelo para predecir los juicios de los usuarios respecto a un determinado producto de consumo, y validar las hipótesis que guiaron el desarrollo del modelo.

La selección del producto se llevó a cabo considerando ciertas premisas: debía tratarse de un producto de consumo, no excesivamente complejo, en el que el peso de los atributos no funcionales fuese significativo 'a priori' en la valoración del usuario y que fuese fácilmente parametrizable. El producto escogido fueron raquetas de pádel. Se seleccionó una muestra de 100 raquetas de pádel y se determinaron los atributos más destacables del producto y los niveles que podían tomar dichos atributos. En total se obtuvieron 92 posibles niveles de atributo. Se parametrizó cada una de las raquetas determinando qué nivel de atributo poseían para cada característica.

Se seleccionaron 6 usuarios que practicaban de manera habitual el pádel. Se mostró a cada uno de los usuarios las raquetas de la muestra para que emitieran su valoración respecto al siguiente juicio: "Indique si compraría la raqueta que está viendo". Los usuarios respondieron sobre una escala Likert con 6 niveles en la que -3 indicaba "Completamente en desacuerdo" y 3 indicaba "Completamente de acuerdo". El valor neutro (0) fue eliminado para forzar al usuario a decantarse por alguno de los lados de la escala. De esta forma se obtuvo para cada raqueta la valoración de cada usuario. Los datos recogidos se dividieron dos grupos. Los de 87 raquetas se emplearon para entrenar a los modelos (datos de entrenamiento), los de las 13 restantes para validar el ajuste de los modelos (datos de test).

Se empleó el software *NeuroSolutions 5* para generar las redes neuronales, entrenar los modelos de cada usuario y validar su ajuste. El tipo de redes empleadas fueron las mencionadas en el apartado 4. Los diferen-

USUARIO	MSE (Entrenamiento)	MSE (Test)
1	0.02303	0.03627
2	0.00870	0.05720
3	0.03042	0.07580
4	0.00328	0.07783
5	0.03778	0.04679
6	0.04090	0.06590

Tabla 1. Errores cuadráticos medios de cada modelo.

tes parámetros de las redes para el modelo de cada uno de los 6 usuarios (número de neuronas, funciones de transferencia, pesos iniciales de las conexiones entre neuronas...) fueron calculados automáticamente por el software.

La Tabla 1 muestra, para cada usuario, los valores de los errores cuadráticos medios entre el valor obtenido por el modelo y la valoración realizada por el usuario tanto en las fases de entrenamiento como en la de test. Los errores fueron suficientemente pequeños como para considerar válido el modelo.

La figura 5 sirve de ejemplo de la capacidad de los modelos para predecir la opinión del usuario. En ella se muestra en la valoración que uno de los usuarios hizo de las 13 raquetas empleadas como test (indicado como

valor deseado en la figura 5) y la valoración predicha por el modelo correspondiente a ese usuario (*valor predicho*). Como puede observarse el grado de ajuste es elevado y sólo en un caso (raqueta 9), el modelo ofreció una valoración de signo contrario a la realizada por el usuario modelizado.

7. CONCLUSIONES

El desarrollo del modelo basado en RNA propuesto se basa en una serie de hipótesis sobre el proceso mental que el usuario lleva a cabo cuando juzga un producto de consumo. La primera aplicación práctica del modelo, mostrado en este trabajo, parece refrendar que las hipótesis de partida han sido adecuadas. El modelo, aplicado a predecir las valoraciones de 6 usuarios diferentes sobre un producto determinado, ha consegui-

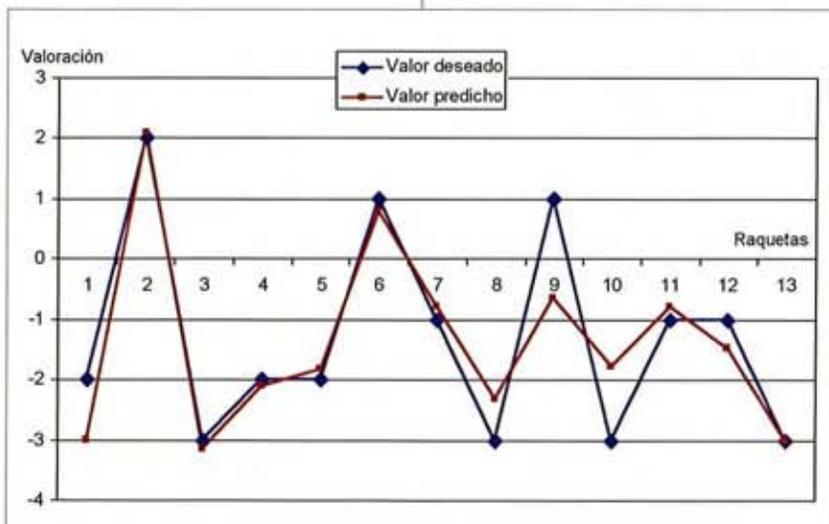


Figura 5. Grado de ajuste del modelo de un usuario



do un grado de ajuste elevado. Para el caso de las raquetas de pádel y para la pregunta "Compraría usted esta raqueta", en la mayor parte de los casos el error cometido por el modelo en la predicción de la valoración que haría el usuario es de ± 1 (en una escala Likert con 6 niveles). El grado de ajuste es, en cualquier caso, suficiente como para saber si la valoración del usuario será positiva o negativa (por encima o por debajo de 0).

El modelo planteado puede ser una herramienta valiosa para el diseñador de productos de consumo permitiéndole conocer cómo percibirán los usuarios el producto en fase de diseño. No obstante, es necesario llevar a cabo más experimentos que permitan validar el modelo. Por ejemplo, probando su aplicación a otro tipo de productos o tratando de predecir otro tipo de juicios más específicos.

8. BIBLIOGRAFÍA

[1] CRILLY, N., MOULTRIE, J. y CLARKSON, P.J. "Seeing things: consumer response to the visual domain in product design". *Design Studies*. 2004, vol 25, pp. 547-577.

[2] FELDMAN, R. "Psicología". Mc Graw Hill: México D.F. 1999.

[3] GREEN, P.E. y RAO, V.R. "Conjoint Measurement for Quantifying Judgmental Data". *Journal of Marketing Research*. 1971, vol 3, pp 355-363.

[4] HOLBROOK, M.B. "Emotion in the consumption experience: Toward a new model of the human consumer". The role of affect in consumer behaviour: Emerging theories and applications. Peterson R.A., Hoyer W.D. & Wilson W.R. (Eds.), Lexington, MA: Heath, 1985 pp. 17-52.

[5] HOLLAND, J. H. "Adaptation in natural and artificial systems". University of Michigan Press: Ann Arbor. 1975.

[6] HSIAO, S.W. y HUANG, H.C. "A neural network based approach for product form design". *Design Studies*. 2002, vol 23, pp 67-84.

[7] LUCE, D. y TUKEY, J. "Simultaneous Conjoint Measurement: A New Type of Fundamental Measurement". *Journal of Mathematical Psychology*. 1964, vol 1, pp 1-27.

[8] MATLIN, M.W., y FOLEY, H.J. "Sensación y Percepción". Prentice Hall: México D. F. 1996.

[9] McCULLOCH W.S. y PITTS, W.. "A logical calculus of idea's immanent in nervous activity". *Bulletin of Mathematical Biophysics*. 1943, vol 5, pp: 115-133.

[10] NAGAMACHI, M. "An image technology expert system and its application to design consultation". *International Journal of Human-Computer Interaction*. 1991, vol 3, pp 267-279.

[11] PRINCIPE, J.C., EULIANO, N.R. y LEFEBVRE, W.C. "Neural and Adaptive Systems: Fundamentals Through Simulations". Ed I. Wiley and Sons: N.Y. 2000.

[12] YANG-CHENG, L. y HSIN-HSI, L. "Design Optimization of Product Forms using Neural Networks: a case study of cellular phones". *Proceedings of the ADC 2003, 6th Asian Design International Conference*. October 14-17, 2003, Tsukuba, Japan.

[13] ACOSTA-BUITRAGO M.A. Y ZULUAGA-MUÑOZ, C. A., "Tutorial sobre redes neuronales aplicadas en ingeniería eléctrica y su implementación en un sitio web", documento electrónico disponible en: <http://ohm.utp.edu.co/neuronales/>, fecha de último acceso: Marzo, 2005.

[14] ROSENBLATT F., "The Perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain", *Psychological Review*, 1958, vol 65, pp: 386-408. ■

Como en cualquier otro ámbito el tamaño de la muestra de usuarios y el número de grupos formados influirá en la exactitud del modelo