

---

## Predicción de la respuesta hedónica a largo plazo a un estímulo sensorial

---

### CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente divulgación se refiere en general a un método para predecir la respuesta hedónica a largo plazo, tal como el gusto a largo plazo, a al menos un estímulo sensorial predeterminado, tal como un estímulo olfativo, ya sea para un individuo o una audiencia.

### 5 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La primera exposición de un individuo a un estímulo sensorial determinado puede evocar una cierta respuesta hedónica o emocional. El mismo estímulo sensorial, sin embargo, no produce necesariamente la misma respuesta hedónica en una exposición posterior, tal que la respuesta hedónica inicial a un estímulo sensorial determinado en general no determine de manera fiable la respuesta hedónica al mismo estímulo sensorial en un momento posterior. En su lugar, la respuesta hedónica a un estímulo sensorial determinado cambia con el paso del tiempo y después de la exposición repetida. Sin embargo, la evolución de la respuesta hedónica con el paso del tiempo es en general desconocida de antemano.

Un objeto de la presente invención es estimar la respuesta hedónica a largo plazo tal que el desarrollo de productos se pueda enfocar en la fabricación de productos de consumo con estímulos sensoriales que tienen una respuesta hedónica que mejorará o al menos no disminuirá con el paso del tiempo. De esta manera, se puede reducir el tiempo y la energía gastados en el desarrollo y, eventualmente, la fabricación de productos de consumo que tienen un riesgo considerable de no utilizarse y que finalmente terminan en vertederos.

Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar un método que permite la optimización del desarrollo de productos de consumo que comprenden al menos un estímulo sensorial, evitando de esta manera el desperdicio y ahorrando recursos.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un método implementado por computadora para predecir la respuesta hedónica a largo plazo a al menos un estímulo sensorial predeterminado para un individuo, que comprende (a) exponer al individuo al por lo menos un estímulo sensorial durante un número de veces durante un período de tiempo inicial de

exposición de acuerdo con un patrón de exposición, (b) para cada exposición, obtener datos que indican la respuesta hedónica del individuo al por lo menos un estímulo sensorial, (c) proporcionar los datos que indican la respuesta hedónica del individuo y el patrón de exposición a un algoritmo de aprendizaje automático, y (d) predecir la respuesta hedónica a largo plazo del individuo al estímulo sensorial por el algoritmo de aprendizaje automático durante un punto de tiempo de un período de tiempo de predicción predeterminado después del período de tiempo inicial de exposición.

El método, por consiguiente, permite, utilizando un algoritmo de aprendizaje automático, predecir la respuesta hedónica de un individuo a un estímulo sensorial determinado en un cierto tiempo después de que se expuso por primera vez al estímulo sensorial determinado. En un entorno profesional, el individuo se expondría a un cierto estímulo sensorial no sólo una vez, sino una cantidad de veces durante un período de tiempo inicial de exposición. El número de exposiciones, la duración de cada exposición, y los intervalos de tiempo entre exposiciones consecutivas durante el período de tiempo inicial de exposición determinan el patrón de exposición.

En ciertas modalidades, el individuo se expone al menos dos veces, preferentemente tres o más veces al estímulo sensorial durante un período de tiempo inicial de exposición relativamente corto. Por ejemplo, el individuo se puede exponer al estímulo sensorial dos o tres veces en un período de una semana. En otras modalidades, el individuo puede, dentro de un período de tiempo corto, tal como una hora, someterse a una serie de exposiciones al estímulo sensorial, tal como tres veces, y esto se puede repetir una cantidad de veces, tal como dos o tres veces, dentro del período de tiempo inicial de exposición, tal como una semana. El período de tiempo inicial de exposición es preferentemente de una semana o menos. El período de tiempo de predicción predeterminado es preferentemente tres meses o más.

Cuando un individuo se expuso a un estímulo sensorial durante un período de tiempo inicial de exposición, la respuesta hedónica a largo plazo del individuo al mismo estímulo sensorial es la respuesta hedónica del individuo a ese estímulo sensorial cuando ha transcurrido un período de tiempo de predicción medido desde el final del período de tiempo inicial de exposición. En una modalidad, la respuesta hedónica de un individuo a un estímulo sensorial es el gusto del individuo por ese estímulo sensorial. Sin embargo, también son posibles otras medidas de la respuesta hedónica a largo plazo.

El patrón de exposición puede influir en la respuesta hedónica a largo plazo de un individuo a un estímulo sensorial predeterminado. Por consiguiente, cuando se entrena el algoritmo de aprendizaje automático, se deben proporcionar datos de entrenamiento con diferentes números de exposiciones, intervalos durante exposiciones posteriores, y período de tiempo inicial de exposición.

El por lo menos un estímulo sensorial se puede seleccionar de un grupo que comprende estímulos olfativos, auditivos, hápticos, de gusto y visuales. El individuo se puede exponer sólo a un estímulo sensorial individual o a dos o más estímulos sensoriales que pueden dirigirse al mismo sentido o a sentidos diferentes. Por ejemplo, un individuo se puede exponer a un estímulo olfativo sin ningún estímulo sensorial adicional. Si la respuesta hedónica del individuo se va a probar para dos o más estímulos sensoriales, los dos o más estímulos sensoriales se presentan a cada individuo al mismo tiempo tal que cada exposición se pueda asociar no sólo con un estímulo sensorial, sino con la concurrencia de los dos o más estímulos sensoriales. Por ejemplo, un individuo se puede exponer simultáneamente a un estímulo olfativo y un estímulo visual. Otra combinación de estímulos sensoriales a la que se puede exponer un individuo es un estímulo de gusto junto con un estímulo visual. También son posibles otras combinaciones de estímulos sensoriales. Cuando se hace referencia a un estímulo sensorial, se debe entender que esto también está con relación a una combinación de una pluralidad de estímulos sensoriales, salvo que sea inapropiado.

La respuesta hedónica del individuo se puede determinar al obtener la respuesta psicológica del individuo al por lo menos un estímulo sensorial. Preferentemente, la respuesta psicológica del individuo se combina con datos sobre la respuesta psicométrica del individuo al estímulo sensorial.

Los datos que indican la respuesta hedónica al por lo menos un estímulo sensorial para el individuo se alimentan en un algoritmo de aprendizaje automático. Preferentemente, el algoritmo de aprendizaje automático se entrenó anteriormente, se revalidó y se probó utilizando un amplio conjunto de datos recolectados anteriormente a través de una gran cantidad de individuos e instancias de estímulos sensoriales. El algoritmo de aprendizaje automático puede producir predicciones al nivel del individuo para un estímulo sensorial determinado.

La presente invención también se refiere a un método implementado por computadora para predecir la respuesta hedónica a largo plazo de una audiencia a al menos un estímulo

sensorial predeterminado. El método descrito anteriormente realizado en el nivel de un individuo se repite para un número de diferentes individuos representativos de una gran audiencia, tal como una base de consumidores. Las predicciones sobre la respuesta hedónica a largo plazo de cada individuo se combinan entonces para predecir la respuesta hedónica a largo plazo de la audiencia.

La presente invención se refiere además a un aparato de procesamiento de datos que comprende medios para llevar a cabo los métodos anteriores, a un programa de computadora que comprende instrucciones que, cuando el programa se ejecuta por una computadora, provocan que la computadora lleve a cabo los métodos anteriores, y un medio leíble por computadora que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan por una computadora, provocan que la computadora lleve a cabo los métodos anteriores.

La presente invención se refiere además a un método para idear un producto de consumo, el método que comprende el paso de realizar el método implementado por computadora anterior para predecir la respuesta hedónica a largo plazo de un individuo o una audiencia a al menos un estímulo sensorial predeterminado para una pluralidad de estímulos sensoriales y determinar un estímulo sensorial de la pluralidad de estímulos sensoriales que tiene la respuesta hedónica máxima a largo plazo, con el método que comprende además el paso de idear un producto de consumo que comprende el estímulo sensorial determinado. El estímulo sensorial que tiene la respuesta hedónica máxima a largo plazo de la pluralidad de estímulos sensoriales se puede determinar o confirmar utilizando métodos estadísticos, tal como una prueba de importancia estándar. La respuesta hedónica máxima a largo plazo puede ser la respuesta hedónica a largo plazo que tiene el valor más alto que indica la respuesta emocional positiva más fuerte a un cierto estímulo sensorial.

La presente invención se refiere además a un sistema configurado para predecir la respuesta hedónica a largo plazo a al menos un estímulo sensorial predeterminado para un individuo. El sistema comprende una unidad de medición configurada para medir, para cada exposición de un individuo a al menos un estímulo sensorial durante una cantidad de veces durante un período de tiempo inicial de exposición de acuerdo con un patrón de exposición, datos que indican la respuesta hedónica del individuo al por lo menos un estímulo sensorial, y una unidad de control configurada para predecir, con base en los datos que indican la respuesta hedónica del individuo medida por la unidad de medición y el patrón de exposición, la respuesta hedónica a largo plazo del individuo al estímulo sensorial por un algoritmo de aprendizaje automático durante un punto de tiempo, un

período de tiempo de predicción predeterminado después del período de tiempo inicial de exposición. La unidad de medición puede comprender al menos uno de un dispositivo de medición de EEG (electroencefalografía), dispositivo de medición de GSR (respuesta galvánica de la piel), un seguidor ocular, y un dispositivo de grabación de video. Un  
5 dispositivo de medición de EEG se configura en general para medir, preferentemente de manera no invasiva, la actividad eléctrica del cerebro de un individuo. Otros dispositivos de medición para medir la actividad cerebral también se pueden utilizar, con un ejemplo que es fMRI (imagenología por resonancia magnética funcional). Un dispositivo de medición de GSR se configura en general para medir la conductancia de la piel de un  
10 individuo. Un seguidor ocular se configura generalmente en general para medir al menos uno de la posición ocular, el movimiento ocular, el punto de mirada, y la dilatación y contracción de pupila de un individuo.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La figura 1 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método de acuerdo con la presente  
15 invención.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método para entrenar, revalidar y probar un algoritmo de aprendizaje automático utilizado en el método de acuerdo con la presente invención.

La figura 3 muestra un sistema para predecir la respuesta hedónica a largo plazo a al  
20 menos un estímulo sensorial para un individuo o una audiencia.

La figura 4 muestra una señal de EEG sin procesar registrada de un electrodo durante 0.5 segundos.

La figura 5 muestra un espectro de energía de datos de EEG para un electrodo calculado utilizando una transformada rápida de Fourier durante una ventana de tiempo de  
25 2 segundos, con la función de ventana de Hann.

La figura 6 muestra una grabación de GSR durante 15 segundos.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Se describen métodos implementados por computadora para predecir la respuesta hedónica a largo plazo a al menos un estímulo sensorial predeterminado. Específicamente, los métodos descritos en la presente incluyen predecir la respuesta hedónica a largo plazo de un individuo a al menos un estímulo sensorial predeterminado y predecir la respuesta hedónica a largo plazo de una audiencia a al menos un estímulo sensorial predeterminado. Una audiencia comprende una gran cantidad de individuos.

Un método para predecir la respuesta hedónica a largo plazo a al menos un estímulo sensorial predeterminado para un individuo se muestra como un diagrama de flujo en la figura 1. El método implica exponer a un individuo a un estímulo sensorial predeterminado por primera vez durante un período de tiempo inicial de exposición (110). El individuo se puede exponer al estímulo sensorial sólo una vez tal que el período de tiempo inicial de exposición tenga la duración de la exposición individual. Para lograr predicciones más fiables, el individuo se expone preferentemente de manera repetida al estímulo sensorial durante el curso del período de tiempo inicial de exposición. Por ejemplo, el individuo se expone al estímulo sensorial tres veces durante una semana. Las respuestas fisiológicas del individuo, tal como de EEG, GSR, seguimiento ocular, y/o video de la cara, se miden durante cada exposición (120). De manera adicional o alternativamente, las respuestas psicométricas del individuo, tal como de autoinformes y/o pruebas de tiempo de respuesta, se miden durante cada exposición (140). Después de la remoción de ruido de los datos fisiológicos (130), así como de la calibración y limpieza de los datos psicométricos (150), se extraen características destacadas de los datos (160). Las características destacadas extraídas se utilizan entonces como entrada en una red neuronal artificial (170) que, cuando se entrena adecuadamente, se revalida y se prueba, produce una predicción sobre la respuesta hedónica a largo plazo al estímulo sensorial predeterminado para el individuo (180). La respuesta hedónica a largo plazo predicha se expresa en general como un valor dentro de un intervalo de menos infinito a más infinito, con un valor por debajo de 0 que significa una respuesta hedónica negativa, un valor de 0 que significa indiferencia, y un valor por encima de 0 que significa una respuesta hedónica positiva a un cierto estímulo sensorial.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método de entrenamiento, revalidación y prueba de una red neuronal artificial que se va a utilizar en el método de la figura 1. La presente invención no se limita a redes neuronales y se pueden utilizar otros algoritmos de aprendizaje automático. Los datos de entrenamiento se obtienen al exponer a un individuo a un estímulo sensorial predeterminado durante un período de tiempo inicial de exposición (210). Las respuestas fisiológicas y/o psicométricas del individuo se miden

durante cada exposición (220, 240). Los datos de medición psicológica se liberan del ruido (230) tal que se puedan extraer las características destacadas (260). De manera similar, las características destacadas se extraen de los datos de medición psicométrica (260) después de la calibración y limpieza de datos (250). Estos pasos se repiten para una gran  
5 cantidad de individuos, con diferentes duraciones del período de tiempo inicial de exposición y patrones de exposición, así como para diversos estímulos sensoriales. Las características destacadas extraídas de cada período de tiempo inicial de exposición (con relación a un individuo específico y un estímulo sensorial específico o combinación de estímulos sensoriales) junto con el patrón de exposición correspondiente se introducen en  
10 la red neuronal artificial con propósitos de entrenamiento.

Después de un período de tiempo de predicción predeterminado, que preferentemente no es menor que 3 meses después del período de tiempo inicial de exposición, se recolectan datos adicionales para cada individuo probado anteriormente (280). De esta manera, se obtienen datos sobre la respuesta emocional a largo plazo que se pueden utilizar para  
15 entrenar el algoritmo de aprendizaje automático. Por ejemplo, para cada individuo, se observa el comportamiento real de compra o recompra de un producto de consumo que tiene el estímulo sensorial o la combinación de estímulos sensoriales utilizados durante el período de tiempo inicial de exposición (290). También es posible volver a exponer a cada individuo al mismo estímulo sensorial o combinación de estímulos sensoriales que se  
20 encontró durante el período de tiempo inicial de exposición y obtener datos que indican la respuesta hedónica. De manera adicional o alternativamente, se llevan a cabo autoinformes de gusto y/o autoinformes de intención de compra de un producto de consumo que incorpora el estímulo/estímulos sensoriales y/o experimentos de elección que incluyen este producto de consumo (300).

25 Cuando los datos sobre la respuesta hedónica a largo plazo no se han recolectado de una manera uniforme, es decir, se midieron diferentes variables manifiestas en tanto que se trataba de evaluar variables latentes inherentes con relación a la respuesta hedónica a largo plazo, a fin de aún ser capaz de hacer uso de estos diferentes tipos de medición de la respuesta hedónica a largo plazo con propósitos de entrenamiento, se necesitan  
30 armonizar. Esto se logra al formar modelos variables latentes a partir de estudios donde se utilizaron múltiples modos de evaluar la respuesta hedónica a largo plazo conjuntamente. Estos modelos proporcionan un método de imputar puntuaciones variables latentes a partir de las mediciones que estaban disponibles en los datos de entrenamiento.

Alternativamente, para evitar la necesidad de armonización, los datos sobre la respuesta hedónica a largo plazo se podrían recolectar de una manera uniforme a través de los encuestados y estas mediciones se utilizarían directamente para entrenar el algoritmo de aprendizaje automático.

- 5 Durante el proceso de entrenamiento, se proporcionan tanto las entradas (las características extraídas obtenidas del paso 260) como las salidas deseadas (respuesta hedónica a largo plazo obtenida en el paso 310), y la red neuronal artificial procesa las entradas y compara las salidas resultantes contra las salidas deseadas. Después de que el proceso de entrenamiento se considera completo, algunos de los datos obtenidos
- 10 durante los pasos 220, 240, 290 y 300 se utilizan para probar la red neuronal artificial entrenada. La red neuronal artificial también se revalida, como se conoce por aquellos expertos en la técnica.

La recolección de datos psicológicos utilizando un sistema 400 como se muestra en la figura 3 y la extracción de características de estos datos se explica en más detalle más

15 adelante.

Las señales de EEG sin procesar se recolectan utilizando un dispositivo de medición de señal de EEG 410. En una modalidad, el dispositivo de medición de señal de EEG 410 tiene de 14 a 20 electrodos o canales, y una tasa de muestra entre 128 Hz y 500 Hz. En la figura 4 se muestran ejemplos de señales de EEG sin procesar registradas desde tres

20 electrodos en las posiciones F7, Fp1, y Fp2 durante 0.5 segundos.

De manera adicional o alternativamente, las señales de EDA (actividad electrodérmica) sin procesar se recolectan utilizando un dispositivo de medición de señal de EDA 420, tal como un dispositivo de medición de señal de GSR. En una modalidad, el dispositivo de medición de señal de GSR 420 tiene un electrodo o canal, y una tasa de muestra entre 5

25 Hz y 128 Hz. Una señal de GSR sin procesar de ejemplo registrada durante 15 segundos se muestra en la figura 6.

De manera adicional o alternativamente, las señales de seguimiento ocular sin procesar se recolectan utilizando un seguidor ocular 430. En una modalidad, las señales de seguimiento ocular son coordenadas cartesianas 2D con relación a una pantalla. La tasa

30 de muestra puede ser de 30 Hz.

De manera adicional o alternativamente, las señales de video del individuo, preferentemente la cara, se capturan utilizando un dispositivo de grabación de video 440, tal como una cámara web. La señal de video puede tener varias resoluciones y tasas de muestra.

5 Al medir la respuesta hedónica o emocional a un estímulo sensorial, es importante saber cuándo exactamente un individuo comienza a experimentar el estímulo sensorial. Por consiguiente, en una modalidad preferida, una vez que se han recolectado las señales de datos sin procesar, se sincronizan. En tanto que un estímulo visual se puede controlar o sincronizar fácilmente como se muestra en una pantalla, para un estímulo olfativo, de gusto  
10 o táctil, la presente invención contempla sincronizar una señal de video del individuo con las otras señales de datos, tal como las señales de EEG, GSR o de seguimiento ocular. Las señales de datos se sincronizan por la verificación de manera regular del reloj o marca de tiempo de cada señal de datos contra el reloj del sistema de la unidad de control 450 que está recolectando los datos. Cuando se presenta cualquier deriva entre las señales  
15 de datos, se pueden realizar ajustes a fin de eliminar la deriva.

En una modalidad, durante el procesamiento de señal de EEG, que se puede realizar por la unidad de control 450, se aplican filtros de paso bajo y paso alto a las señales de EEG sin procesar a fin de remover los componentes de señal con frecuencias por encima de 50 Hz y por debajo de 0.5 Hz. A partir de entonces, se realiza un análisis de componentes  
20 independientes (ICA), y un algoritmo de aprendizaje automático hace coincidir los componentes independientes contra las señales no cerebrales (por ejemplo, parpadeos oculares, movimiento de la cabeza) y remueve los componentes independientes identificados como señales no cerebrales. Para cada canal, la señal de EEG entonces se divide en ventanas de tiempo traslapadas. Cada ventana de tiempo puede ser de  
25 2 segundos de duración, con una nueva ventana de tiempo que comienza cada 0.5 segundos. La dimensión fractal de Higuchi (HFD) se calcula para cada ventana de tiempo. Además, para cada ventana de tiempo, se aplica una ventana de Hann y se calcula una transformada rápida de Fourier (FFT) a fin de obtener el espectro de potencia de EEG. Un espectro de potencia de EEG de ejemplo en un electrodo durante una ventana de  
30 tiempo de dos segundos se muestra en la figura 5.

En una modalidad, durante el posprocesamiento de seguimiento ocular, que se puede realizar por la unidad de control 450, los datos sin procesar se dividen en ventanas de tiempo que representan el tiempo en que se mostró continuamente una imagen de diapositiva en una pantalla. Para cada ventana, las coordenadas cartesianas se utilizan

para generar un mapa térmico (una matriz con las mismas dimensiones que la imagen en la pantalla) utilizando la estimación de kernel gaussiano. El mapa de calor se puede trazar en la parte superior de la imagen como la salida final.

- 5 En una modalidad, durante el posprocesamiento de GSR, que se puede realizar por la unidad de control 450, se aplica un análisis de descomposición continua para descomponer la señal de GSR sin procesar en componentes fásicos (de movimiento rápido) y tónicos (de movimiento lento). Un algoritmo de detección de pico se puede utilizar para determinar a partir de los datos de GSR sin procesar un resultado binario en cada punto en el tiempo: si el individuo está en un estado emocionalmente excitado o no.
- 10 Los datos medidos procesados de esta manera junto con el patrón de exposición, preferentemente expresado como un vector de tiempo (función de paso), entonces sirve como entrada al algoritmo de aprendizaje automático en la unidad de control 450 que produce una respuesta hedónica a largo plazo estimada asociada con los datos medidos.

- 15 Una tabla de resultados predichos de ejemplo para una fragancia A probada en un grupo de individuos se muestra en la tabla 7. La respuesta hedónica predicha a largo plazo promedio para los 16 individuos es de 0.12, lo que significa que se predice que la fragancia A se va a recibir positivamente a largo plazo. Sin embargo, en promedio, la respuesta hedónica no es muy pronunciada tal que se puede decidir que la fragancia A aún puede necesitar mejorarse a fin de lograr una mejor respuesta hedónica a largo plazo.

| Individuo | Respuesta hedónica predicha a largo plazo |
|-----------|-------------------------------------------|
| 1         | 0.27                                      |
| 2         | 0.18                                      |
| 3         | -0.10                                     |
| 4         | -0.23                                     |
| 5         | 0.41                                      |
| 6         | 0.21                                      |
| 7         | 0.83                                      |
| 8         | 0.08                                      |
| 9         | 0.99                                      |
| 10        | -0.29                                     |
| 11        | 0.44                                      |

- 11 -

|    |       |
|----|-------|
| 12 | -0.36 |
| 13 | -0.50 |
| 14 | -0.65 |
| 15 | 0.21  |
| 16 | 0.47  |