

Análisis de la Percepción Visual de Edificios Públicos basado en el Estudio de Ondas Cerebrales

Lidia Sánchez Mérida

Introducción al problema

En proyectos de urbanismo es fundamental realizar un diseño robusto, sensato, innovador y adaptado al ámbito al que se pretende integrar. Para llevarlo a cabo, los expertos intentan aplicar todos sus conocimientos y experiencia utilizando las herramientas más adecuadas de las que disponen. Sin embargo, existe un factor añadido que interviene considerablemente en la reputación de la obra: la opinión del público objetivo. Si el edificio que se pretende construir no cuenta con la aprobación de las personas que lo van a utilizar, puede provocar cierto rechazo tanto hacia la construcción como hacia los propios responsables, lo cual puede desembocar en un mal uso e incluso en un desuso a medio plazo. Este tipo de inconvenientes también se manifiestan en otras áreas diferentes en las que se generan productos y/o servicios. Por ello, cada vez más se realizan análisis de viabilidad y estudios de mercado para conocer cuáles podrían ser las necesidades presentes y futuras de la sociedad, qué caracteriza a los productos y/o servicios más exitosos y cómo se pueden mejorar.

Existen diversas técnicas que se pueden aplicar para obtener la opinión popular en torno a una temática concreta. En este artículo [1] se detallan algunas de las más comunes, como son las encuestas físicas o telemáticas. No obstante, este tipo de metodologías pueden conducir a resultados erróneos o incompletos debido a un amplio conjunto de inconvenientes. Uno de los más populares se refleja en la influencia que tiene el contexto sobre el entrevistado, puesto que dependiendo de dónde se encuentre, qué es lo que va a hacer, qué prejuicios esconde e incluso si está acompañado, sus respuestas pueden ser completamente diferentes. Por otro lado, también suelen afectar otros aspectos como el nivel de honestidad y de exactitud de los entrevistados según las cuestiones que se planteen, ya que el nivel de participación es menor cuanto mayor es el grado de sensibilidad de las preguntas. Sin embargo, no todos los problemas son causados por los encuestados, puesto que si sus respuestas deben ser redactadas por entrevistadores, estas estarán sujetas a la codificación e interpretación que realicen sobre las opiniones obtenidas. Así, podemos concluir que cualquier expresión o razonamiento lógico que realice una persona, bien puede estar sesgado por su entorno o bien puede ser manipulado deliberadamente.

Descripción del proyecto

Una de las alternativas que se proponen para obtener la verdadera percepción de una persona con respecto a una temática concreta consiste en el estudio de ondas cerebrales. Este tipo de técnicas han sido utilizadas en varios experimentos para comprobar el éxito de un producto o servicio antes de su lanzamiento [2]. Por ello, se plantea un proyecto de investigación centrado en el estudio de la percepción visual de edificios públicos mediante la detección de emociones a partir de ondas cerebrales. Para esta tarea se propone la construcción de un clasificador capaz de extraer las características más prometedoras e identificar las emociones a partir de la actividad cerebral asociada a un conjunto de personas mientras visualizan una serie de diseños de edificios en 3D. En nuestra propuesta se pretende utilizar una combinación de Redes Neuronales Convolutivas (CNN) para el entrenamiento, optimización y validación del modelo, en conjunción con el algoritmo *Sparse Autoencoder* (SEA) para facilitar la codificación, decodificación y simplificación de las características [3].

Adicionalmente, se proponen un conjunto de técnicas de preprocesamiento de ondas cerebrales para transformarlas en datos útiles con los que entrenar un modelo con el máximo rendimiento posible. En primer lugar se aplica la técnica de Análisis de Componentes Independientes (ICA) para separar las ondas obtenidas y reducir el posible ruido introducido por los movimientos musculares y el dispositivo de extracción [4]. A continuación, se filtran las señales obtenidas considerando únicamente aquellas que se encuentran directamente relacionadas con las emociones que puede sentir una persona: las ondas Alpha y Beta [5].

Debido a la necesidad de componer un conjunto de datos suficientemente amplio para obtener un modelo con una gran capacidad de generalización, se propone realizar diversos experimentos con numerosos participantes para extraer sus señales cerebrales, utilizando técnicas de electroencefalografía no invasiva, mientras exploran diferentes diseños de edificios públicos en 3D. Sin embargo, para reducir costes y obtener un mayor número de muestras, se propone utilizar Redes Generativas Adversarias (GAN) para generar señales cerebrales sintéticas a partir de las ondas cerebrales obtenidas en los experimentos con individuos reales [6].

Objetivos del proyecto

Este proyecto persigue dos objetivos principales. El primero de ellos consiste en desarrollar un sistema de extracción, generación y almacenamiento de ondas cerebrales, mientras que por otro lado se pretende construir un clasificador con el que identificar las emociones básicas en función de la actividad cerebral de personas. A continuación se detallan los objetivos específicos que contribuyen a su alcance.

1. Sistema integrador del flujo de extracción, preprocesamiento y almacenamiento de señales cerebrales en bruto y procesadas.
2. Modelo generador de ondas cerebrales sintéticas.
3. Caracterización de ondas cerebrales para identificar emociones.
4. Clasificador de emociones en base a la actividad cerebral.
5. Medidas de evaluación de la bondad, precisión e interpretabilidad del clasificador.

Análisis de la novedad, interés y viabilidad

Si bien existen algunos experimentos para la detección de emociones basada en la actividad cerebral, no hemos encontrado registros que apunten a su aplicación en el ámbito del urbanismo. Del mismo modo, tampoco se han encontrado sistemas que unifiquen y automaticen el proceso de extracción, procesamiento y almacenamiento de la actividad cerebral.

Como se ha observado anteriormente, en este proyecto de investigación se adjuntan varios artículos en los que se demuestra la viabilidad y eficacia de los algoritmos y las técnicas que se proponen utilizar, ya sea por separado o de forma conjunta. Además, debemos considerar que ya se han llevado a cabo experimentos similares para la extracción de señales cerebrales, y que en los últimos años se están desarrollando dispositivos cada vez más sofisticados para esta tarea en particular.

Finalmente, cabe destacar que los presupuestos para la construcción de edificios públicos son cada vez más reducidos y la posibilidad de disponer de un sistema como el que se propone en este proyecto, podría provocar una reducción de los costes de diseño y del nivel de incertidumbre y riesgos. Simultáneamente, también podría ayudar a aumentar el grado de popularidad y de interés cultural tanto de la propia construcción como del emplazamiento de la misma. Sin embargo, consideramos que podría ser útil también para el estudio de los factores que influyen en la percepción visual de las personas en función de diversas características, como el género, la clase social, el nivel de estudios, e incluso las patologías o enfermedades visuales o neurológicas.

Metodología

En primer lugar, se deberá elaborar el material visual que se pretende mostrar en los experimentos para la extracción de señales cerebrales. Para ello modelaremos diferentes edificios públicos situados en España utilizando programas de diseño gráfico como Autocad 3DS Max o Maya. A continuación se determina la localización espacial donde tendrán lugar los experimentos, cuántos son necesarios y cuál es el número de participantes que asistirán a cada uno de ellos. En principio, podría llevarse a cabo dos experimentos por semana durante cuatro meses con unos 15 participantes diferentes para cada uno.

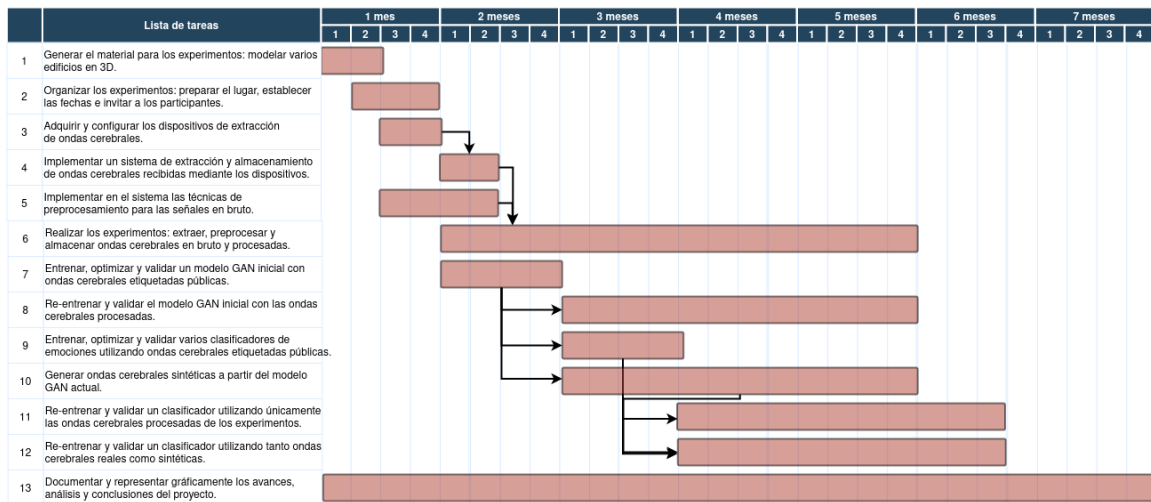
Los siguientes pasos pertenecen al área más técnica del proyecto, como la elección de los dispositivos que se van a utilizar para la extracción de ondas cerebrales. Una de las empresas especializadas en el desarrollo de hardware y software dedicado a esta tarea es EMOTIV. En particular, el dispositivo EMOTIV EPOC X-14 [7] podría ser de gran utilidad en combinación con una licencia de desarrollador [8], la cual permite almacenar la actividad cerebral medida en la nube de la propia compañía y obtener los datos mediante una API accesible desde múltiples lenguajes de programación. En el caso de este proyecto, pensamos que Python podría ser el lenguaje de programación más adecuado para la extracción, procesamiento y construcción del modelo por su facilidad de aprendizaje y uso, además de sus múltiples librerías para actividades relacionadas con la ciencia de datos. Después de cada experimento se pretende realizar las transformaciones necesarias para filtrar y preparar las señales cerebrales obtenidas con el objetivo de almacenar su estado final en un almacén de datos, junto a cierta información personal de los participantes.

En esta fase inicial y de forma paralela a los experimentos, se pretende entrenar un modelo GAN para disponer de un generador de muestras sintéticas con el objetivo de aumentar el conjunto de datos para el entrenamiento del clasificador de emociones. Para ello, se comenzará utilizando los conjuntos de datos disponibles *online* para luego re-entrenarlo con las ondas cerebrales extraídas de los participantes. Su evaluación consistirá en maximizar el número de errores del clasificador, indicando que la muestra sintética es prácticamente similar a una real. Tras obtener un modelo GAN inicial, se pretende entrenar diferentes clasificadores con varias arquitecturas a partir de los mismos conjuntos de datos utilizados anteriormente. El objetivo es optimizar los parámetros lo máximo posible y refinar la estructura de la CNN para disponer de un clasificador inicial con cierta calidad. Posteriormente, cada dos experimentos se re-entrenará para comenzar a ajustarse a los datos procesados específicos para este proyecto. Adicionalmente, se pretende analizar de forma individual el impacto que produce la introducción de muestras sintéticas en el modelado del clasificador. Por lo tanto, se pretenden entrenar dos clasificadores individuales utilizando un primer conjunto de ondas cerebrales procedentes de sujetos reales, y un segundo conjunto que combine datos reales con muestras artificiales generadas por el modelo GAN. En sendos casos se utilizarán las medidas de calidad tradicionales para los clasificadores como la tasa de aciertos, la matriz de confusión, la curva ROC y el coeficiente de Kappa.

Como motor de almacenamiento, para guardar tanto los datos de los experimentos como los resultados de los modelos, se pretende utilizar un motor NoSQL como MongoDB por su escalabilidad y buen rendimiento con cantidades masivas de datos.

Planificación

A continuación se presenta un diagrama de Gantt con la lista de actividades mencionadas en el apartado anterior, estimando tanto sus dependencias como su temporalidad hasta finalizar el proyecto.



Resultados esperables

Los resultados que se pretenden lograr con este proyecto se detallan a continuación:

- Extracción de un conjunto de ondas cerebrales procedentes de diferentes participantes a partir de los experimentos diseñados.
- Sistema integrador para la extracción, procesamiento y almacenamiento de señales en bruto y procesadas de forma automática y escalable.
- Generador de ondas cerebrales artificiales de alta calidad.
- Caracterización de ondas cerebrales para la identificación de emociones.
- Clasificador de emociones en base a la actividad cerebral de una persona al visualizar un edificio público.
- Diferencias y similitudes en la percepción visual en base a diversos factores como el género, clase social, nivel de estudios y enfermedades visuales y/o neurológicas.

Evaluación del proyecto

Tras describir los resultados que se esperan generar con este proyecto, a continuación se explican las diferentes medidas que se aplicarán para evaluar su calidad:

- Conseguir un sintetizador de ondas cerebrales con una calidad mínima del 95%, es decir, que el segundo modelo que actúa como clasificador no sea capaz de encontrar diferencias entre una onda cerebral real y otra sintética para el 95
- Conseguir un clasificador de emociones con una mínima tasa de aciertos y área bajo la curva ROC del 90%, además de un coeficiente de Kappa mínimo del 85%.
- Desplegar un sistema de extracción, procesamiento y almacenamiento de ondas cerebrales capaz de paralelizar hasta 100 tareas, con un 90% de disponibilidad, protección contra accesos no autorizados y un sistema asociado de monitoreo y *logs*.
- Desplegar un almacén de datos con capacidad para 100 accesos concurrentes, copias de seguridad periódicas, cifrado automático de datos sensibles y protección contra accesos no autorizados.
- Aplicar el clasificador de emociones generado en uno o varios proyectos de construcción reales y demostrar que se consigue una reducción de costes temporales, económicos, nivel de incertidumbre y riesgos, mientras que por otro lado aumentan los beneficios culturales y de bienestar del público objetivo.

- Publicar un mínimo de tres artículos durante el transcurso de este proyecto con la metodología planteada y los resultados obtenidos.

Bibliografía

1. Todd Schaefer Russell G. Brooker. Methods of measuring public opinion.
2. Nobuhiko Goto, Xue Li Lim, Dexter Shee, Aya Hatano, Kok Wei Khong, Luciano Grüdtner Buratto, Motoki Watabe, and Alexandre Schaefer. Can brain waves really tell if a product will be purchased? inferring consumer preferences from single-item brain potentials, 2019.
3. Junxiu Liu, Guopei Wu, Yuling Luo, Senhui Qiu, Su Yang, Wei Li, and Yifei Bi. Eeg-based emotion classification using a deep neural network and sparse autoencoder, 2020.
4. Udipi Niranjana K. Prabhakar Nayak. Independent component analysis of electroencephalogram, 2006.
5. Wan Woaswi, Malik Hanif, S.B. Mohamed, and Zairi Ismael Rizman. Human emotion detection via brain waves study by using electroencephalogram (eeg), 2016.
6. Bao-Liang Lu Yun Luo. Eeg data augmentation for emotion recognition using a conditional wasserstein gan.
7. EMOTIV. Emotiv epoc x-14.
8. EMOTIV. Develop with emotiv.