



Tesis Doctoral

Análisis de sentimiento en imágenes: hacia un modelo predictivo de emociones para el desarrollo de campañas de comunicación mediante técnicas de inteligencia computacional

Programa de Doctorado

Comunicación

Centro Responsable

Escuela de Doctorado de la Universidad de Málaga

Centro/s en que se imparte

Facultad de Ciencias de la Comunicación de la Universidad de Málaga

Universidades participantes

Universidad de Sevilla, Universidad de Málaga, Universidad de Cádiz y Universidad de Huelva

Autor

Pablo Sánchez Núñez

Directores

Dr. José Ignacio Peláez Sánchez

Dr. Carlos de las Heras Pedrosa

Málaga, 2022



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

AUTOR: Pablo Sánchez Núñez

 <https://orcid.org/0000-0001-7845-9506>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización
pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras
derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga
(RIUMA): riuma.uma.es



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



Escuela de Doctorado

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

D./Dña PABLO SÁNCHEZ NÚÑEZ

Estudiante del programa de doctorado COMUNICACIÓN de la Universidad de Málaga, autor/a de la tesis, presentada para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga, titulada: ANÁLISIS DE SENTIMIENTO EN IMÁGENES: HACIA UN MODELO PREDICTIVO DE EMOCIONES PARA EL DESARROLLO DE CAMPAÑAS DE COMUNICACIÓN MEDIANTE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA COMPUTACIONAL

Realizada bajo la tutorización de DR. CARLOS DE LAS HERAS PEDROSA y dirección de DR. CARLOS DE LAS HERAS PEDROSA Y DR. JOSÉ IGNACIO PELÁEZ SÁNCHEZ (si tuviera varios directores deberá hacer constar el nombre de todos)

DECLARO QUE:

La tesis presentada es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, conforme al ordenamiento jurídico vigente (Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo.

Igualmente asumo, ante a la Universidad de Málaga y ante cualquier otra instancia, la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

En Málaga, a 02 de 11 de 2022

 Fdo.: PABLO SÁNCHEZ NÚÑEZ Doctorando/a	 Fdo.: CARLOS DE LAS HERAS PEDROSA Tutor/a



EFQM AENOR



Edificio Pabellón de Gobierno. Campus El Ejido.
29071
Tel.: 952 13 10 28 / 952 13 14 61 / 952 13 71 10
E-mail: doctorado@uma.es



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



Escuela de Doctorado

Fdo.: CARLOS DE LAS HERAS PEDROSA

[Firma manuscrita]

JOSÉ IGNACIO PELÁEZ SÁNCHEZ

Director/es de tesis



EFQM AENOR



Edificio Pabellón de Gobierno, Campus El Ejido,
29071
Tel.: 952 13 10 28 / 952 13 14 61 / 952 13 71 10
E-mail: doctorado@uma.es

A mis padres,

Contenidos

Agradecimientos	7
Publicaciones científicas que avalan la Tesis Doctoral.....	8
Resumen	9
Capítulo 1. Introducción	11
Variedad y diferenciación de productos y servicios	11
Marketing multicanal: Nuevos canales y modelos de venta	13
Sociedad de la información: Las nuevas formas de comunicación y el consumidor informado	14
Nuevas formas de comunicación.....	14
El consumidor del siglo XXI: El consumidor informado	16
Índices de Reputación Online (Online Reputation Indexes-ORIs).....	17
Comunicación visual y marketing emocional	18
Elementos y principios de diseño visual	23
Capítulo 2. Objetivo general y objetivos específicos	26
Objetivo general.....	26
Objetivos específicos.....	27
Capítulo 3. Metodología e instrumento de investigación	29
Cienciometría y evaluación de la ciencia.....	29
Análisis de la actividad cerebral humana y elementos y principios de diseño visual	31
Metadatos, semántica y ontologías	33
Capítulo 4. Minería de opinión, análisis de sentimiento y comprensión de las emociones en la publicidad: Un análisis bibliométrico	36
Capítulo 5. H-Classics en Neurociencia del Consumidor, Neuromarketing y Neuroestética: Identificación y análisis conceptual.....	37
Capítulo 6. Impacto de los elementos y principios del diseño visual en la actividad cerebral del electroencefalograma humano evaluada con métodos espectrales y redes neuronales convolucionales.....	38
Chapter 7. Towards a Holistic Synthesis of Visual Design Elements and Principles: An Ontology	39
Overview	40
METHONTOLOGY: a methodology for ontology construction	43
Ontology Development Process and Life Cycle	43
Management Process: Management activities	44
Development Process: Technical Activities	44
Support Process: Support activities.....	45
W3C Web Ontology Language (OWL).....	46
Protégé: Ontology development framework	46
Visual Design Elements and Principles Ontology (VDEPO)	47
Specification	47
Conceptualization.....	48
Formalization.....	51
Implementation.....	54
Maintenance	55

Limitations	55
VDEPO vs. other ontology-based solutions	56
VDEPO Applications.....	56
Capítulo 8. Conclusiones y futuras líneas de investigación.....	58
Cienciometría y evaluación de la ciencia.....	58
Conclusiones.....	58
Futuras líneas de investigación.....	61
EEG, actividad fisiológica y reconocimiento de patrones.....	62
Conclusiones.....	62
Futuras líneas de investigación.....	63
Análisis de sentimiento, computación estética y generación de imágenes mediante inteligencia artificial.....	65
Conclusiones.....	65
Futuras líneas de investigación.....	65
Appendix A. Abstract (English Summary)	67
Abstract	67
Appendix B. Introduction (English Summary)	69
Variety and differentiation of products and services	69
Multichannel marketing: new channels and sales models	70
Information society: new forms of communication and the informed consumer	70
Communicating: new ways.....	70
The Consumer of the 21st Century: The Informed Consumer.....	71
Online Reputation Indexes-ORIs.....	71
Visual communication and emotional marketing.....	71
Visual Design Elements and Principles	73
Appendix C. General and specific objectives (English Summary)	74
General and specific objectives	74
Appendix D. Materials and Methods (English Summary)	76
Scientometrics and Research Evaluation	76
Analysis of human brain activity and visual design elements and principles	77
Metadata, semantics, and ontologies	77
Appendix E. Conclusions and future research lines.....	79
Scientometrics and Research Evaluation	79
EEG, Physiological Activity and Pattern Recognition	81
Sentiment analysis, aesthetic computing and image generation using artificial intelligence	83
Referencias.....	84

Agradecimientos

Me gustaría agradecer al Dr. José Ignacio Peláez Sánchez por aceptar dirigir esta tesis doctoral, por introducirme en el mundo de la investigación y por inculcarme la importancia del rigor científico y al Dr. Carlos de las Heras Pedrosa por aceptar tutorizar y dirigir esta tesis doctoral y por expandir mis conocimientos sobre el mundo de la comunicación.

Me gustaría agradecer al Dr. Francisco Elías Cabrera Lara por ayudarme cuando lo he necesitado y por enseñarme que un problema complejo puede resolverse dividiéndolo en dos o más subproblemas de igual tipo o similar, hasta que estos se tornen lo suficientemente simples como para que se resuelvan directamente, y la solución del problema principal se construya con las soluciones encontradas; y al Dr. Gustavo Fabián Vaccaro Witt por ayudarme cuando lo he necesitado y por mostrarme que la ciencia es una aventura colectiva que se construye «A hombros de gigantes».

Me gustaría agradecer al Dr. Javier Escudero Rodríguez por aceptar y tutorizar la estancia de investigación predoctoral efectuada en *Institute for Digital Communications* (IDCOM) de *The University of Edinburgh* y por su ayuda, que ha resultado indispensable para lograr sumergirme en el apasionante mundo de la neurociencia.

Me gustaría agradecer al Dr. Manuel Jesús Cobo Martín y al Dr. Enrique Herrera Viedma por la ayuda recibida que se ha tornado clave a la hora de profundizar en el universo de la cienciometría y la evaluación de la ciencia.

Me gustaría agradecer a la Dra. Inmaculada Postigo Gómez por sustentarme cuando lo he necesitado.

Me gustaría agradecer a mis seres queridos todo el apoyo recibido y comprensión durante estos años.

Publicaciones científicas que avalan la Tesis

Doctoral

- 1) **Sánchez-Núñez, P.**, Cobo, M. J., Heras-Pedrosa, C. D. L., Peláez, J. I., & Herrera-Viedma, E. (2020). Opinion Mining, Sentiment Analysis and Emotion Understanding in Advertising: A Bibliometric Analysis. *IEEE Access*, 8, 134563–134576. doi:10.1109/access.2020.3009482
- 2) **Sánchez-Núñez, P.**, Cobo, M. J., Vaccaro, G., Peláez, J. I., & Herrera-Viedma, E. (2021). Citation Classics in Consumer Neuroscience, Neuromarketing and Neuroaesthetics: Identification and Conceptual Analysis. *Brain Sciences*, 11(5), 548. doi:10.3390/brainsci11050548
- 3) Cabrera, F. E., **Sánchez-Núñez, P.**, Vaccaro, G., Peláez, J. I., & Escudero, J. (2021). Impact of Visual Design Elements and Principles in Human Electroencephalogram Brain Activity Assessed with Spectral Methods and Convolutional Neural Networks. *Sensors*, 21(14), 4695. doi:10.3390/s21144695

Resumen

Tradicionalmente, los productos o servicios (en adelante *producser*) eran únicos, y las empresas poseían el control de estos. Este hecho tenía unas implicaciones muy importantes en el desarrollo de campañas de comunicación publicitaria, ya que el consumidor no tenía alternativa al *producser* que era anunciado. Es decir, la empresa poseía en este caso una especie de monopolio en relación con el *producser* anunciado. Por ejemplo, podemos buscar en la historia de la comunicación publicitaria los comienzos de la marca y producto español Cola Cao de Idilia Foods; su aparición en los años 40 fue todo un éxito, al ser un producto novedoso y además único en el mercado. Con el paso de los años, el mercado ha ido cambiando de manera radical, y donde antes había un *producser* para un nicho de mercado, en la actualidad existen multitud de *producser*, con características similares, las cuales, en muchos casos, el consumidor no consigue diferenciar.

Al mismo tiempo, la irrupción de Internet y el impacto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la sociedad ha supuesto una verdadera transformación en la manera en la que las personas consumimos, nos comunicamos, relacionamos e interactuamos con nuestro entorno. Nuestra forma de pensar, de sentir, e incluso el modo de comprar y de comunicarnos con las marcas se ha visto alterada por completo. La industria de la comunicación ha visto un antes y un después tras la generación 2.0 y nuestra inmersión en el ecosistema de redes sociales. El desarrollo e innovación en los procesos comunicativos ha permitido a los usuarios de hoy en día disponer de todo tipo de herramientas, medios y canales para mostrar sus actitudes, opiniones, sentimientos y puntos de vista sobre cualquier experiencia, producto o servicio. Además, a lo largo de la última década, esta revolución en los procesos comunicativos se ha visto acentuada por la relativa rapidez y velocidad en la carga y transmisión de datos, la democratización en el uso de las TIC y el acceso universal a Internet. Estos hechos han inducido a una serie de cambios en la comunicación social digital por parte de los usuarios, adaptándose esta, de forma paulatina, a esta nueva realidad social de comunicación en los diversos entornos digitales. En este sentido, la comunicación textual se ha visto afectada y superada por la comunicación visual. Según diferentes estudios, un 93% de las decisiones que toman los usuarios a la hora de comprar se concentran en un motivo visual, mientras que un 52% de los visitantes de una tienda online reconocen que no volverán a entrar en una que les decepcione en términos visuales. Por lo tanto, elegir una buena imagen para llevar a cabo una campaña publicitaria resulta fundamental para ganar

seguidores, fidelizar al usuario o mejorar el posicionamiento de la marca frente a sus competidores. Estos dos hechos, la gran oferta de producir con baja o nula diferenciación entre ellos, junto con la irrupción de Internet y el desarrollo e incorporación masivo de las TIC en la sociedad, ha provocado que las campañas de comunicación se vuelvan necesariamente “inteligentes” y apelen cada vez más a las emociones de los consumidores. Por ejemplo, encontramos uno de los anuncios más conocidos de la marca de automóviles BMW, donde se repite el eslogan “¿te gusta conducir?” (y en ningún momento se muestra el vehículo anunciado); o la marca de automóviles Mazda; donde en sus anuncios se expresan de la siguiente forma: “En Mazda no solo ofrecemos prestaciones, fabricamos emociones”. En ambos ejemplos, la comunicación está dirigida a generar emociones en los consumidores, con el objetivo de crear recuerdos que perduren en el tiempo y permanezcan en la mente del consumidor.

Estos dos ejemplos no son únicos, en la actualidad, existe gran diversidad de anuncios que apelan directamente a las emociones, consiguen, según diversos análisis, desde el punto de vista neurológico, quedarse en la memoria a largo plazo (es decir, la que importa, la que crea los recuerdos). Además, conectan con el punto de decisión de compra. Cada vez que un consumidor adquiere un producto, lo hace de una forma subjetiva. No se trata, por lo tanto, de una decisión tomada por nuestro cerebro racional o consciente, por lo que llegar con el mensaje a la parte emocional del cerebro es especialmente importante. Es en este punto donde la comunicación publicitaria está experimentando un cambio abrupto, siendo preciso cambiar los métodos, técnicas y procesos de comunicación publicitaria para poder atraer al consumidor. Para poder afrontar este reto, es preciso disponer de métodos, técnicas y herramientas, que permitan analizar y medir el impacto emocional de las campañas de publicidad con su público objetivo. Además de, dotar a los equipos de comunicación de instrumentos para el diseño y desarrollo de campañas de comunicación que incorporen la emoción en el diseño de estas. Sin embargo, para alcanzar este objetivo, el primer paso es comprender cómo el diseño visual afecta a la percepción y el comportamiento del consumidor a nivel emocional. El objetivo de este trabajo de investigación es analizar cómo los elementos y principios de diseño visual afectan a la actividad cerebral de los consumidores; así como la reordenación de esos principios y elementos de manera formal mediante una estructura jerarquizada para que puedan ser utilizados en los procesos de diseño de campañas y estrategias de comunicación mediante técnicas de inteligencia computacional y neurociencia del consumidor.

Capítulo 1. Introducción

Variedad y diferenciación de productos y servicios

Tradicionalmente, los productos o servicios eran únicos, y las empresas poseían el control de dichos productos o servicios (en adelante producir). Este hecho tenía unas implicaciones muy importantes en el desarrollo de campañas de comunicación publicitaria, ya que el consumidor no tenía alternativa al producir que era anunciado. Es decir, la empresa tenía una especie de monopolio en relación con el producir [1].

Por ejemplo, podemos ahondar en la historia de los comienzos de la marca y producto español Cola-Cao (Figura 1); su aparición en los años 40 fue todo un éxito, al ser un producto novedoso y además único en el mercado [2], [3].



Figura 1. Embalaje de Cola-Cao y Nesquik. Fuente: <https://colacao.es/> y <https://www.nesquik.es/>. Fecha de consulta: 12/03/2022.

Este hecho no es único y lo podemos encontrar reflejado en el comportamiento de compra de la población española, con ejemplos de asociación producto-marca como: “voy a tomar un Danone”, cuando la persona lo que quería era tomar un yogur, o “voy a tomar una Puleva”, cuando la persona lo que quería era tomar un batido [4].

Sin embargo, con el tiempo, fueron apareciendo competidores, así como otras marcas con productos o servicios de características similares, o, dicho de otro modo, con producir específicos para ese nicho de mercado. Sirva de ejemplo la aparición en los años 50 y 60 de un competidor directo del Cola-Cao; la marca y producto estadounidense Nesquik, entre otros muchos [5].

Con el paso de los años, el mercado ha ido cambiando de manera radical, y donde antes había un productor para un nicho de mercado, en la actualidad existen multitud de productores, con características similares, las cuales, en muchos casos, el consumidor no consigue diferenciar [6].

La diferenciación de productos puede basarse principalmente en diversos atributos como pueden ser las campañas de comunicación de dicho producto, la calidad, el color, el tamaño, el servicio posventa, la atención especializada, la localización, el reconocimiento de marca o lujo (Figura 2). Así, cualquier atributo que haga percibir de forma distinta un bien o servicio se considera diferenciación de producto [7].



Figura 2. Estantería de supermercado con diversas líneas de producto de la marca Lay's [8].

Es en este punto donde la comunicación y por ende el universo del marketing han experimentado y están experimentando un cambio disruptivo, haciéndose, por lo tanto, necesario cambiar los métodos, técnicas y procesos de comunicación para poder atraer a potenciales consumidores [9].

En la actualidad la importancia de los productos se encuentra en las denominadas características intangibles. Valga de ejemplo la empresa El Corte Inglés (grupo de distribución mundial con sede en España). Si preguntáramos a cualquier persona qué comercializa esta empresa que no se pueda encontrar en otra, la respuesta sería sencilla, lo que vende se puede encontrar en cualquier otro lugar, entonces, ¿por qué los consumidores son atraídos hacia dicha empresa? La respuesta es que vende un valor intangible directamente relacionado con las emociones: “Vende satisfacción”.

Este hecho no es único, por ejemplo, en el anuncio de la marca BMW que popularizó el eslogan '¿te gusta conducir?', en ningún momento se muestra el vehículo, y lo que apela directamente la campaña es al sentimiento del placer de conducir; siendo este hecho fácilmente trasladable a otra marca de automóviles como puede ser Mazda, con el eslogan que reza: “En Mazda no solo ofrecemos prestaciones, fabricamos emociones” (Figura 3).



Figura 3. Espot publicitario “Transmitiendo emociones” de Mazda. Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=d8Up1dL5EEY>. Fecha de consulta: 15/04/2021.

Para muchas empresas, la diferenciación de producir es necesaria para su supervivencia. Los producir que no tienen una estrategia de diferenciación en vigor corren el riesgo de perderse en el mar de productos similares e inevitablemente no mantienen su lugar en el mercado [10].

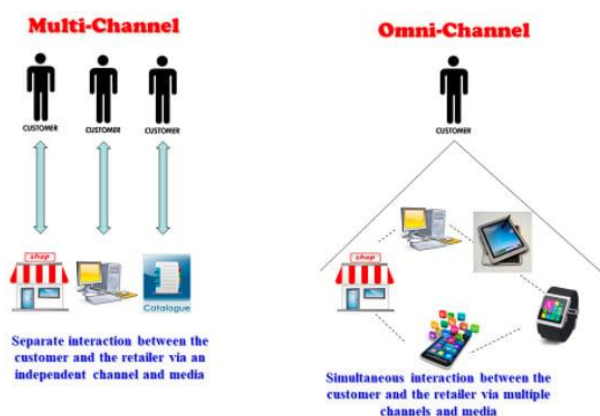
A este hecho de que existe una gran variedad de producir para un mismo nicho de mercado, hay que sumarle que el modelo de sociedad se ha transformado, motivado por las nuevas tecnologías, evolucionando a la denominada sociedad de la información, viéndose justamente, modificadas las formas de adquisición de los diferentes producir ofertados [11].

Marketing multicanal: Nuevos canales y modelos de venta

El marketing multicanal se refiere a la práctica en la que las empresas interactúan con los clientes a través de múltiples canales, tanto directos como indirectos, para venderles, producir. Las empresas utilizan los canales directos, aquellos en los que la empresa llega al cliente de forma proactiva -como las tiendas físicas, los catálogos y el correo directo-, o los indirectos, en los que impulsan el contenido a través de los sitios web o las redes sociales,

también conocidos como marketing entrante [12]. El marketing multicanal se basa en el hecho de que los clientes tienen más opciones que nunca para informarse sobre los productos [13].

El marketing multicanal combina muchos canales de distribución y promoción en una sola estrategia unificada para atraer a los clientes (Gráfica 1). Este enfoque comunica de forma eficiente y eficaz el valor de los productos utilizando los puntos fuertes de canales de marketing específicos. Estos canales incluyen, entre otros, el correo electrónico, el correo directo, los sitios web, las redes sociales, los anuncios publicitarios y las tiendas minoristas. Los vendedores pueden utilizar varios canales de distribución para que los clientes puedan adquirir los productos de la forma que prefieran; por ejemplo, una empresa puede vender productos en un minorista específico y mantener su propia tienda en línea [14].



Gráfica 1. Multicanal vs. Omnicanal [15].

Sociedad de la información: Las nuevas formas de comunicación y el consumidor informado

Nuevas formas de comunicación

La irrupción de Internet y el impacto de las TIC en la sociedad ha supuesto una verdadera transformación en la manera en la que las personas nos comunicamos, relacionamos e interactuamos con nuestro entorno. Nuestra forma de pensar, de sentir, e incluso el modo

de comprar (Figura 4) y de comunicarnos con las marcas se ha visto alterada por completo [16], [17].

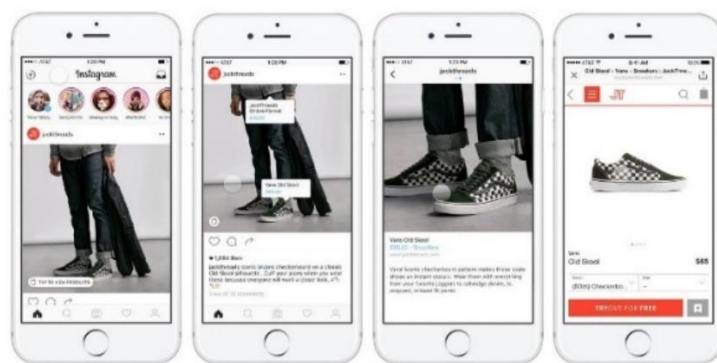


Figura 4. Tienda de Jack Threads en Instagram Shopping [18].

La evolución de la comunicación ha visto un antes y un después tras la generación 2.0 y nuestra inmersión en lo que comúnmente denominamos ecosistema digital [19]. El desarrollo e innovación en los procesos comunicativos ha permitido a los usuarios de hoy en día disponer de todo tipo de herramientas, medios y canales para mostrar sus actitudes, opiniones, sentimientos y puntos de vista sobre cualquier experiencia, producto o servicio [20].

Además, a lo largo de la última década, esta revolución en los procesos comunicativos se ha visto acentuada por la relativa rapidez y velocidad en la carga y transmisión de datos [21], la democratización en el uso de las TIC [22] y el acceso universal a Internet [23].

Según IBM, cada día se crean 2,5 quintillones de bytes de datos [24], [25]. El científico investigador Andrew McAfee y el profesor Erik Brynjolfsson del Massachusetts Institute of Technology (MIT) señalan que "cada segundo cruza más datos por Internet que los que se almacenaban en toda la red hace solo 20 años". A medida que el mundo se conecta más y más con un número creciente de dispositivos electrónicos, el volumen de datos seguirá creciendo de manera exponencial. El estudio, titulado "Data Age 2025: The Evolution of Data to Life-Critical", realizado por la consultora International Data Corporation (IDC) y patrocinado por el fabricante estadounidense de discos duro Seagate, pronostica que para el año 2025 la generación de datos ascenderá a un total de 163 zettabytes (ZB), produciéndose un incremento en 10 veces del volumen de datos mundial [26].

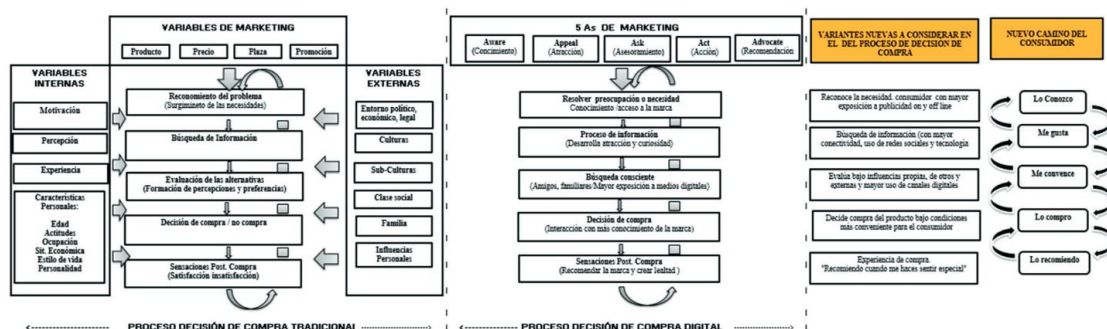
Estos hechos han inducido a una serie de cambios en la comunicación social digital por parte de los usuarios, adaptándose esta, de forma paulatina, a esta nueva realidad social de comunicación en los diversos entornos digitales [27]–[29]. En este sentido, la comunicación textual se ha visto afectada por la inclusión de contenidos de carácter visual a través de la mensajería online, apareciendo en este caso nuevas formas comunicativas de carácter visual como pueden ser el uso de emoticonos [30], GIF [31], memes [32] o stickers [33]. De acuerdo con diversos estudios, esta nueva realidad comunicativa (Figura 5), ha permitido a los usuarios digitales, relacionarse, expresarse y compartir de una manera más eficiente y eficaz [34].



Figura 5. Meme “Gimme. Someone: *opens a bag of Ruffles* Me:” en cuenta corporativa de Ruffles.
Fuente: <https://twitter.com/RUFFLES/status/1137018901815013376>. Fecha de consulta: 27/10/2022.

El consumidor del siglo XXI: El consumidor informado

La mayoría de los expertos coinciden en que los clientes son el mayor activo de las empresas. La sociedad de la información ha revolucionado la forma de descubrir, comparar, adquirir y consumir productos y servicios. Hoy en día, el consumidor puede obtener información de multitud de canales, y al mismo tiempo, interactuar con las empresas y otros consumidores acerca de los productos o servicios (Gráfica 2).



Gráfica 2. Evolución del proceso de compra del consumidor. Adaptado de “The new customer path”, por Kotler, P; Kartajaya and Setiawan, I. Wiley & Sons, Inc, New Jersey, Marketing 4.0 (Edición primera, p. 62), 2017 [35].

En esta nueva era, donde el volumen de información crece de forma exponencial día a día, los canales de comunicación son variados, el consumidor puede acceder a multitud de información al mismo tiempo que puede emitir sus propios juicios o comentarios acerca de los productos o servicios [36], [37].

La componente emocional juega un papel crucial en todo el proceso de compra. Según algunos estudios, un producto o servicio que apele directamente a los sentimientos y emociones del consumidor puede conseguir vender hasta un 23% más [36], [38]. Por lo tanto, conocer de antemano cómo puede responder un consumidor supone una ventaja competitiva [39]–[41].

En este nuevo escenario, donde el consumidor experimenta una comunicación bidireccional, múltiples canales de comunicación con grandes volúmenes de información que se emiten en muchos casos en tiempo real, han hecho que la componente emocional en los procesos de compra adquiera mayor importancia [42]. Por lo tanto, se hace cada vez más necesario llevar a cabo investigación en estas áreas con el objetivo de diseñar nuevos métodos y técnicas de comunicación enfocadas al consumidor, que se integren en esta nueva realidad [43], [44].

Índices de Reputación Online (Online Reputation Indexes-ORIs)

Institutos de investigación, organismos y corporaciones de todo el mundo, conscientes de la necesidad de analizar, valorar y diagnosticar las campañas de comunicación y las diferentes estrategias de marketing, han desarrollado índices de reputación online (ORIs) capaces de cuantificar las relaciones de los usuarios con las diversas entidades objeto de estudio [45].

Los primeros ORIs hacían uso de la valoración de los consumidores, los cuales expresaban su opinión utilizando una escala de Likert (estrellas o likes), calculando posteriormente un valor promedio con las valoraciones. Posteriormente, estas valoraciones incorporaron valoraciones textuales, y mediante técnicas de análisis de lenguaje natural y minería de opinión se extrae el sentimiento asociado a dichas valoraciones. La forma de expresarse de los consumidores está en continua evolución, y en esta evolución ha surgido la imagen. Este hecho está provocando que la información textual se vea complementada y en muchos casos eclipsados por la inclusión de contenidos de carácter visual, a través de nuevas formas comunicativas de carácter gráfico [46], [47].

Comunicación visual y marketing emocional

Conocer y entender las emociones resulta fundamental. Según diversos estudios, la forma de afianzar, consolidar y fidelizar a los consumidores se consigue a través de la conexión emocional con ellos:

“El ser humano busca y experimenta emociones en las situaciones de consumo”.

R. Bagozzi, M. Gopinath y P. Nyer en el trabajo “*The Role of Emotions in Marketing*” [48] publicado en la revista *Journal of the Academy of Marketing* (1999), describe las emociones:

“como un estado mental de activación que surge derivado de las evaluaciones cognitivas de situaciones (...) unido a procesos fisiológicos, se expresa a menudo físicamente y pueden resultar en acciones específicas para manifestar públicamente o hacer frente la emoción, en función de su naturaleza y significado para la persona implicada”.

En la Gráfica 3, se muestran los niveles emocionales en el comportamiento de compra, desde que el consumidor recibe la información hasta que la comunica. En este proceso intermedio, donde se genera la emoción, se pueden distinguir tres niveles de emoción: Nivel Comportamiento, Nivel Fisiológico y Nivel Verbal/Subjetivo.



Gráfica 3. Las emociones en el comportamiento de compra. Emociones del consumidor. Fuente: Jornadas sobre Tendencias en Consumo y Nuevas Oportunidades de Negocio. Consejo de Cámaras de la Comunidad Valenciana. Autora: Dra. Luisa Andreu, Universitat de València. Adaptación de la obra de R.Bagozzi, M. Gopinath y P. Nyer “The Role of Emotions in Marketing” [48].

En la actualidad, existe gran diversidad de anuncios que apelan directamente a las emociones, consiguiendo, según diversos análisis, desde el punto de vista neurológico, permanecer en la memoria a largo plazo (es decir, la que almacena los recuerdos por un periodo duradero). Cada vez que un consumidor adquiere un producto, lo hace principalmente de una forma subjetiva. En la mayoría de los casos no se trata de una decisión tomada por nuestro cerebro racional o consciente, por lo que alcanzar con el mensaje la parte emocional del cerebro es especialmente importante [42], [49], [50]. Las emociones son el motor que mueve la sociedad, las que humanizan al ser humano [51], [52]. El estudio de las emociones no es un fenómeno reciente, pues empezó hace ya miles de años en la Antigua Grecia con “la teoría aristotélica de las emociones” [53]. Ya en 1872, el naturalista Charles Darwin escribió “*La expresión de las emociones en el hombre y en los animales*”, libro donde narraba que las expresiones y gesticulaciones faciales influían en la evolución de las especies [54]. Más adelante, en 1980, el profesor Robert Plutchik, mostró su teoría de la rueda de las emociones (Figura 6), formada por ocho emociones básicas. Para Plutchik, esta se parecía a la Teoría de los colores de Goethe (Figura 7) donde los colores primarios se entremezclan; ocurriendo lo mismo con las emociones básicas, que se combinaban para crear un abanico de sentimientos.

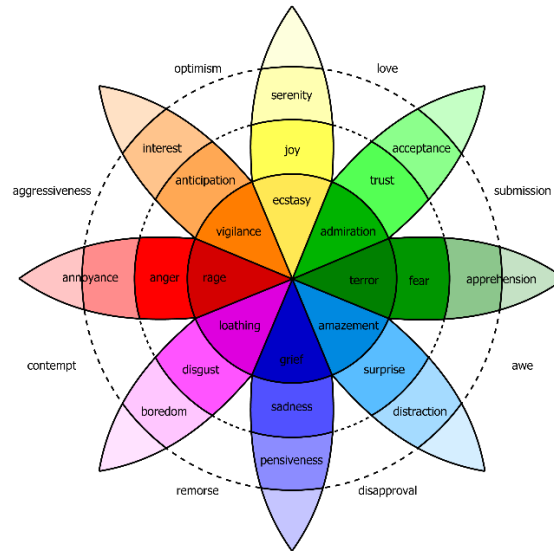


Figura 6. Rueda de las emociones de Robert Plutchik [55]–[57].

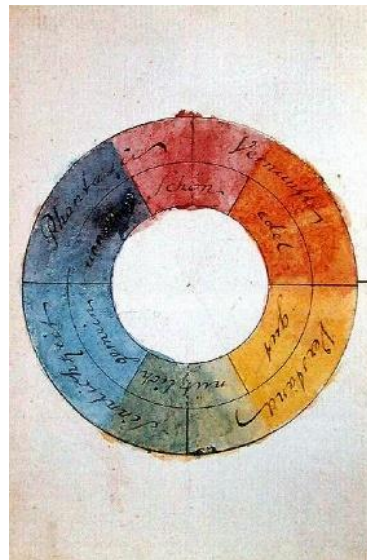


Figura 7. Teoría de los colores (1810) de Johann Wolfgang von Goethe [58]–[60].

En 1990, el psicólogo estadounidense Paul Ekman, después de años de investigación y estudio, extendió el conjunto de emociones en un total de 17 emociones reconocidas: alivio, bochorno, complacencia o contento, culpa, diversión, desprecio o desdén, entusiasmo o excitación, felicidad, ira o rabia, miedo o temor, tristeza, orgullo o soberbia, placer sensorial, repugnancia, repulsa, asco o repulsión, satisfacción, sorpresa y vergüenza [61]–[63].

Recientemente, en el año 2017, diversos investigadores han ampliado la selección de emociones reconocidas de Ekman en un total de 27 [64].

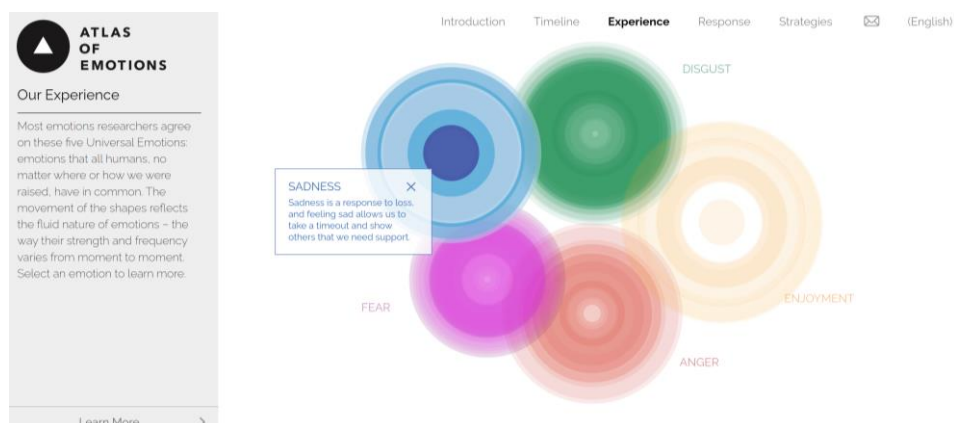


Figura 8. The Ekmans' Atlas of Emotions. Fuente: <http://atlasofemotions.org/#continents/>. Fecha de consulta: 27/10/2022.

Los estudios sobre la emoción son cruciales para la investigación publicitaria, ya que se ha demostrado que la emoción desempeña un papel fundamental en el recuerdo y memorización de los anuncios [65].

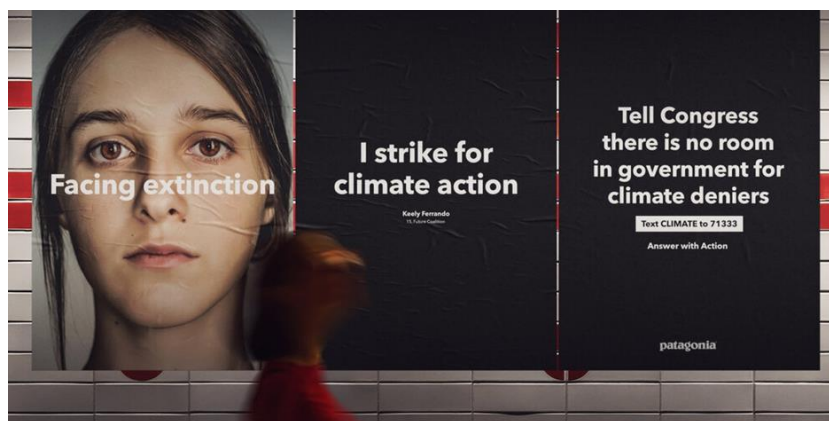


Figura 9. Campaña de comunicación “Facing extinction” de Patagonia. Fuente: <https://www.patagoniaworks.com/press/2019/9/19/facing-extinction>. Fecha de consulta: 27/10/2022.

El atractivo de los anuncios (Figura 9) se correlaciona con cambios específicos en la actividad cerebral de varias regiones del cerebro (Figura 10), como el córtex prefrontal medial, el cíngulo posterior, el núcleo accumbens y las cortezas visuales de orden superior [66]–[68]. Esto puede representar una interacción entre el atractivo percibido del anuncio por el consumidor y las emociones expresadas por las personas representadas en el anuncio [69].

Se ha sugerido que los anuncios que utilizan personas con emociones positivas se perciben como atractivos, mientras que los anuncios que utilizan exclusivamente texto o que representan a personas con expresiones neutras pueden considerarse generalmente poco atractivos [70]. Los anuncios poco atractivos activan la ínsula anterior, que desempeña un papel en el procesamiento de las emociones negativas [71]. Mediante diversas técnicas de neurociencia del consumidor y neuromarketing como la resonancia magnética funcional (*fMRI*) o el seguimiento visual (*eye-tracking*) se ha demostrado que tanto los anuncios atractivos como los poco atractivos son más memorables que los anuncios descritos como ambiguamente atractivos [72]. Sin embargo, se precisa profundizar más en este campo, siendo necesaria más investigaciones con el objetivo de determinar cómo se traduce este hecho en la percepción general de la marca a los ojos del consumidor y cómo puede afectar al comportamiento de compra [67].

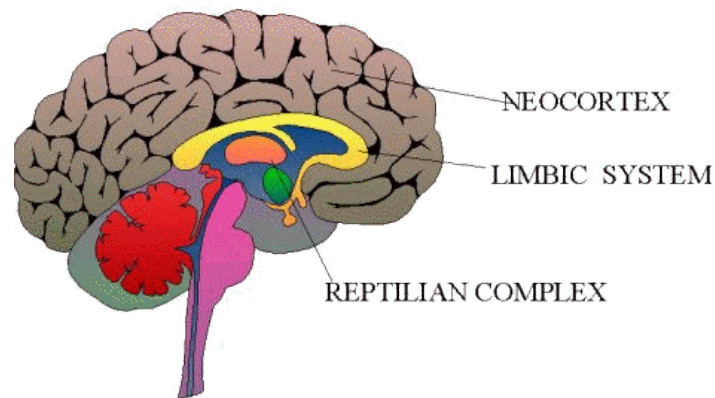


Figura 10. Cerebro triúnico. Neocórtex (Pienso) en azul es el cerebro racional, razonamiento, reflexión, el Cerebro límbico (Siento) en amarillo es el cerebro emocional, emociones y percepción no consciente y el Cerebro reptiliano (Actúo) en rojo, es el cerebro instintivo, supervivencia [73]–[76].

Para los responsables de la gestión publicitaria es muy valioso conocer qué tipo de estímulos son capaces de influir en las emociones y el comportamiento de las personas [67]. Algunas de las estrategias que siguen los creadores visuales y diseñadores para conectar mejor con los consumidores, tratando de apelar directamente a sus sentimientos, se produce mediante la creación de historias (Figura 11), sirviendo estas para transmitir valores y lograr una fuerte empatía e identificación entre cliente y marca.

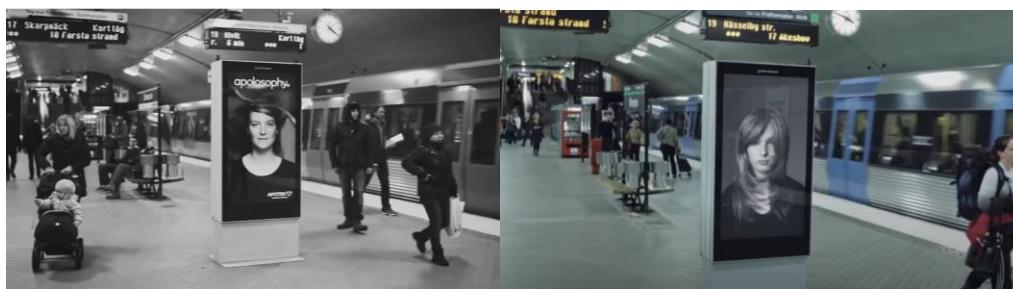


Figura 11. Campaña interactiva por el cáncer en el metro de Estocolmo de la Fundación Sueca de Cáncer.
Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=XUWCFeNfzWk>. Fecha de consulta 27/10/2022.

Además, diversos estudios sugieren que, en el universo de las redes sociales, el 35% de los retweets lleva una imagen y las imágenes de Facebook consiguen un 53% más “me gustas”, un 104% más comentarios y un 84% más de clics. Las estadísticas indican que un 93% de las decisiones que toman los usuarios a la hora de comprar se concentran en un motivo visual, mientras que un 52% de los visitantes de una tienda online reconocen que no volverán a entrar en una que les decepcione en términos visuales. Por lo tanto, elegir una imagen óptima para llevar a cabo una campaña publicitaria resulta fundamental para ganar seguidores, fidelizar a los consumidores, y crear imagen de marca, entre otros [77]–[81]. Para poder afrontar este reto, es preciso disponer de métodos, técnicas y herramientas, que permitan analizar y medir el impacto emocional de las campañas de publicidad con su público objetivo. Además de, dotar a los equipos de comunicación de herramientas para el diseño y desarrollo de campañas de comunicación [82]–[84].

Asimismo, analizar el sentimiento y comprender las emociones que subyacen a una serie de informaciones textuales y visuales resulta fundamental a la hora de identificar, medir y extraer información subjetiva de los contenidos existentes (emociones, conductas, actitudes y opiniones) expresados en las menciones en línea en los ecosistemas digitales (redes sociales, foros, sitios web, etc.) [85], [86].

Elementos y principios de diseño visual

Los límites entre la información procesada por el cerebro humano y por las máquinas son cada vez más difusos. Los recientes avances en la interfaz cerebro-ordenador (BCI) están permitiendo nuevas formas de interacción entre los humanos y las máquinas. Al mismo tiempo, crece el interés por el área de reconocimiento de emociones [87], que permite que

los ordenadores aprendan a reconocer las reacciones emocionales de los humanos. Asimismo, el estudio de las señales fisiológicas ofrece una vía para evaluar la calidad de la experiencia de los sistemas de comunicación modernos [88].

Estas tendencias emergentes tienen el potencial de revolucionar la forma en que interactúan los seres humanos y las máquinas, pero un elemento crucial y a veces ignorado de esta interacción es la forma en que la información se muestra visualmente a los operadores humanos. Esto es importante debido a la creciente cantidad de tiempo que los humanos pasan frente a las pantallas. Es esencial que la información se presente visualmente de forma que mantenga la atención del agente humano y que promueva en él la respuesta emocional y cognitiva deseada [89].

Los principios y elementos de diseño de la comunicación visual son cruciales para lograr una presentación óptima de los estímulos visuales. Estos principios buscan crear contenidos visualmente atractivos para comunicar mensajes específicos y persuadir, de forma que se facilite la comprensión del mensaje y se garantice una impresión duradera en su receptor. Este objetivo se consigue mediante la manipulación consciente de los elementos y principios inherentes, como la forma, la textura, la armonía de la dirección y el color (Figura 12) que componen el producto diseñado. A pesar de las investigaciones realizadas anteriormente en los ámbitos del diseño gráfico y la psicología, con aplicación en campos como las artes visuales, la creación de marcas y la gestión de productos, aún no se conoce del todo cómo los elementos y principios del diseño visual (VDEP) influyen y repercuten en la actividad cerebral humana [90].



Figura 12. Campaña de comunicación publicitaria “Beautiful World” de SpiceJet. Fuente: <https://www.adsoftheworld.com/campaigns/beautiful-world>. Fecha de consulta: 27/10/2022.

El director de cine Wes Anderson ha desarrollado un estilo de composición estética distintivo que es fácilmente reconocible por su uso de llamativas paletas de colores.

Wes Anderson se ha convertido en uno de los cineastas actuales más reconocibles por dos motivos: la estética de sus trabajos (Figura 13) y su forma de contar historias [91]. Todos los elementos y principios de diseño visual tienen un sentido y significado en las diversas escenas de su filmografía[92]. Por ejemplo, la elaboración de sus paletas de color, tienen una importancia fundamental, no solamente desde el punto de vista de la contemplación y el placer estético, sino para crear y recrear un ambiente; Anderson las utiliza en muchas ocasiones para marcar tiempos, o cambios en la historia [93].



Figura 13. Fotogramas y paletas de color de diversas películas del cineasta Wes Anderson [94].

Capítulo 2. Objetivo general y objetivos específicos

Objetivo general

Este trabajo de tesis doctoral es la continuación de una línea de investigación desarrollada a lo largo de los últimos años por el Aula de Mecenazgo para la Innovación de Métricas y Gestión de Intangibles y el Centro de Investigación Social Aplicada de la Universidad de Málaga, donde se han llevado a cabo diversos estudios que han tenido por objetivo el modelar los procesos de compra de los consumidores a través de técnicas de inteligencia computacional.

En los primeros trabajos, la investigación se ha centrado en la opinión que expresaban los decisores a través de preguntas, o lo que nosotros denominamos información solicitada. En este campo se han aportado índices para medir la consistencia de los juicios que emiten los decisores, se han propuesto métodos de toma de decisión en grupo, así como nuevas formas de representar la información a través de matemática intervalar [41], [95]–[97]. En una segunda fase de esta línea de investigación se ha abordado el modelado de la información implícita que el decisor utiliza en los procesos de decisión y que no expresa de manera explícita. Además, se ha trabajado con información no solicitada, aquella que los consumidores o decisores expresan de manera libre, por ejemplo, en las redes sociales, integrando tanto la información solicitada como la no solicitada junto con la información implícita.

La sociedad se transforma con gran celeridad motivada por los avances en la investigación, y el desarrollo de la tecnología y las comunicaciones. Este aspecto ha propiciado que los consumidores puedan informarse de manera permanente, en cualquier ubicación y a través de distintos canales de cualquier productor; expresar su opinión acerca de los mismos, y en muchas ocasiones utilizando únicamente elementos de la comunicación visual como pueden ser animaciones (GIF), pictogramas (emojis), stickers u otras formas de expresión de carácter gráfico, donde la imagen predomina frente al texto [98].

Es en este punto, donde surge el presente estudio de investigación; el tratar de analizar, comprender y modelar cómo las imágenes afectan al comportamiento de los usuarios/consumidores y cómo pueden verse afectados los procesos de decisión y/o compra, con el objetivo de utilizar los estímulos neuronales y análisis de la actividad cerebral para estimar los criterios y pesos de compra del consumidor.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de investigación es analizar el impacto en las emociones a través de los elementos y principios de diseño visual de las imágenes/video.

El desarrollo de este estudio puede contribuir a la mejora en la optimización e implementación de campañas de comunicación, al análisis del sentimiento y reconocimiento de emociones con el fin de poder tomar mejores decisiones en tiempo real permitiendo desarrollar mejores estrategias de comunicación, aumentar la satisfacción del usuario/consumidor a través de la mejora en la comprensión y análisis de la opinión, facilitar la creación de modelos para el diseño de campañas con mayor nivel de viralización, el perfeccionamiento de sistemas para la generación de imágenes mediante inteligencia artificial así como crear sistemas de apoyo a la toma de decisión empresarial, entre otros.

Objetivos específicos

La investigación propuesta presenta los siguientes objetivos específicos (OE):

- OE1. Hacer un estudio cuantitativo sobre el análisis de sentimiento en imágenes, la minería de opinión y el reconocimiento de emociones en publicidad, así como una aproximación al campo de la neurociencia del consumidor, el neuromarketing y la neuroestética.
- OE2. Analizar el impacto de los principios y elementos de diseño visual en las emociones, a través del análisis neuronal (encefalogramas) de sujetos expuestos a observaciones y utilizar *Big Data* (en este caso, aprendizaje profundo o *Deep Learning*) para determinar los cambios en la actividad cerebral que genera el visionado de un fotograma determinado en los usuarios/consumidores, mediante el modelado del comportamiento dinámico de la actividad cerebral a través de escalas temporales y espaciales (fusionando la conectividad estructura y la función cerebral teniendo en

cuenta las restricciones espaciales y fisiológicas) y la caracterización de la topología de las redes cerebrales con diferentes tipos de conexiones y fuentes de actividad.

- OE3. Diseñar los fundamentos para implementar un sistema de ayuda al diseño publicitario utilizando técnicas de inteligencia computacional y electroencefalograma (EEG) y creación de una ontología sobre los principios y elementos de diseño visual para que pueda ser implementada en los diversos sistemas de apoyo a la decisión, así como para la generación y etiquetado de conjuntos de datos de imágenes utilizados en ramas como la inteligencia computacional o la neurociencia.

Capítulo 3. Metodología e instrumento de investigación

Cienciometría y evaluación de la ciencia

La primera parte de la investigación se centra en la bibliometría y estudio de la producción científica, del análisis de sentimiento, la minería de opinión y el reconocimiento de emociones en publicidad (primer estudio), así como el estudio de los clásicos de citación o *H-Classics* [99] de las áreas del neuromarketing, la neuroestética y la neurociencia del consumidor (segundo estudio). El problema abordado, además de ser muy novedoso, también involucra diferentes áreas de conocimiento (artes, ciencias sociales, ciencias del comportamiento, psicología, entre otros), por lo que es preciso tener una fotografía del estado del arte en las distintas disciplinas.

La cienciometría (Figura 14) se ocupa de los rasgos y características cuantitativas de la ciencia y la investigación científica. Como cualquier método de cuantificación, la cienciometría utiliza diferentes escalas para evaluar la funcionalidad de la ciencia analizada, así como para investigar el desarrollo de las políticas de investigación aplicadas por los diferentes países y las organizaciones que la practican, tanto en las ciencias sociales como en las naturales [100].

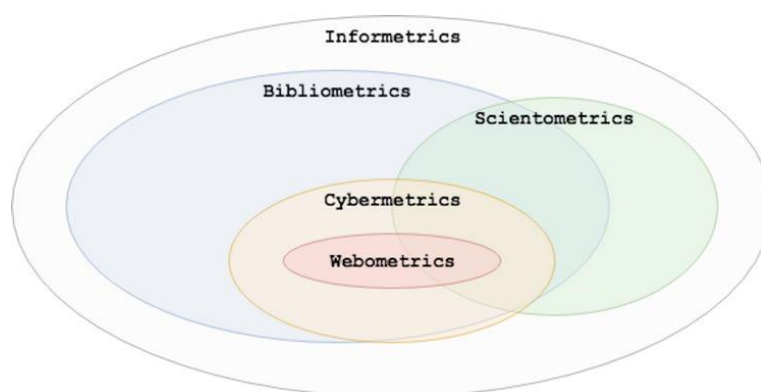


Figura 14. Relación entre dominios en el ecosistema de la informetría y la evaluación de la ciencia [101], [102].

En la cienciometría, la propia literatura científica se convierte en objeto de análisis y en cierto sentido, podría considerarse una ciencia de la ciencia. Los investigadores de la cienciometría suelen intentar medir la evolución de un ámbito científico, el impacto de las publicaciones académicas, los patrones de autoría y el proceso de producción de conocimiento científico [103]. Mediante la cienciometría, por ejemplo, podemos estudiar la producción y el impacto de los departamentos de comunicación en los países nórdicos o la evaluación de la investigación de los programas de marketing utilizando datos de Google Académico, entre otros [28]. La cienciometría suele implicar el seguimiento de la investigación, la evaluación de la contribución científica de autores, revistas o trabajos específicos, así como el análisis del proceso de difusión del conocimiento científico. Los investigadores de estos enfoques han desarrollado principios metodológicos sobre las formas de recopilar la información producida por la actividad de las comunicaciones de los investigadores, y han utilizado métodos específicos como el análisis de citas, el análisis de redes sociales, el análisis de co-palabras y el análisis de contenido, así como la minería de textos para lograr estos objetivos. Muchos estudios de bibliometría se centran en la autoría o miden la contribución de las revistas y organizaciones de investigación, pero también pueden implicar un análisis de contenido de las palabras de los títulos, los resúmenes, el texto completo de los libros, los artículos de revistas o las actas de congresos, o las palabras clave asignadas a los artículos publicados [104].

Aplicar la cienciometría en un campo concreto de conocimiento puede permitir profundizar en la investigación y el desarrollo de los campos científicos, mejorar la formulación de políticas de evaluación científica, investigación y financiación, establecer acuerdos de I+D+i y crear sinergias entre autores, países e instituciones [105]. Además, permite conocer qué, quién, cómo, cuándo y por qué se promueve y desarrolla un campo de investigación, entre otros [106], [107]. En este supuesto concreto, mediante los dos abordajes metodológicos planteados (análisis bibliométrico y estudio de clásicos de citación) se pretende radiografiar el estado actual de la investigación en las áreas citadas con anterioridad con el objetivo de comprender cuáles son los nichos de investigación, líneas potenciales de desarrollo, así como conocer los últimos hallazgos en las citadas materias.

Análisis de la actividad cerebral humana y elementos y principios de diseño visual

La segunda parte de la investigación se centra en el estudio de los elementos y principios de diseño visual y su afección en la actividad cerebral humana. Para ello, se propone en primer lugar la utilización de un conjunto de datos abierto (*dataset*) de análisis de imagen y actividad cerebral humana mediante la técnica de encefalograma (EEG).

El EEG es una exploración indolora, no invasiva, de bajo coste, usado ampliamente en la práctica clínica para la detección y control de la epilepsia, así como en los estudios del comportamiento del consumidor, neuromarketing y neuroestética [108], [109].

Se propone estudiar cómo 4 de los elementos y principios de diseño visual fundamentales a la hora de diseñar cualquier contenido audiovisual: balance, color, luz y simetría afectan a la actividad cerebral humana.

En primer lugar, se propone reordenar los canales del EEG (Figura 15) del conjunto de datos abiertos, la realización de un filtrado y la selección manual de los principios y elementos de diseño (Figura 16) sobre cada fotograma de los contenidos audiovisuales utilizados en el estudio de EEG.

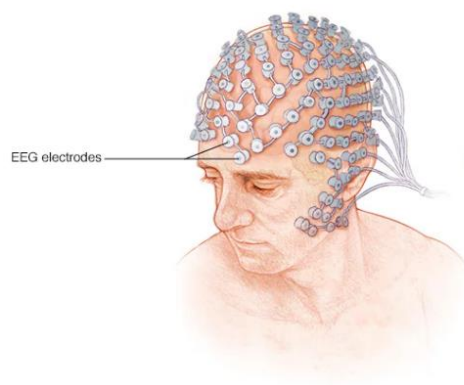


Figura 15. Durante un electroencefalograma, se colocan discos de metal planos (electrodos) en el cuero cabelludo [110].

Line		Horizontal, vertical, diagonal Straight, curved, dotted, broken Thick, thin
Shape		2D (two dimensional)/ flat Geometric (square, circle, oval, triangle) Organic (all other shapes)
Form		3D (three dimensional) Geometric (cube, sphere, cone) Organic (all other forms such as people, animals, tables, chairs, etc)
Colour		Refers to the wavelengths of light Refers to hue (name), value (lightness/darkness), intensity/saturation, or amount of pigment, and temperature (warm and cool) Relates to tint, tone and shade
Texture		The feel, appearance, thickness, or stickiness of a surface (for example: smooth, rough, silky, furry)
Space		The area around, within, or between images or parts of an image Relates to perspective Positive and negative space
Value		The darkness or lightness of a color. White added to a color makes it a <i>tint</i> . Black added to a color makes it a <i>shade</i> .
Pattern		A regular arrangement of alternated or repeated elements (shapes, lines, colours) or motifs.
Contrast		The juxtaposition of different elements of design (for example: rough and smooth textures, dark and light values) in order to highlight their differences and/or create visual interest, or a focal point.
Emphasis		Special attention/importance given to one part of a work of art (for example, a dark shape in a light composition). Emphasis can be achieved through placement, contrast, colour, size, repetition... Relates to focal point.
Balance		A feeling of balance results when the elements of design are arranged symmetrically or asymmetrically to create the impression of equality in weight or importance.
Proportion/Scale		The relationship between objects with respect to size, number, and so on, including the relation between parts of a whole.
Harmony		The arrangement of elements to give the viewer the feeling that all the parts of the piece form a coherent whole.
Rhythm/Movement		The use of recurring elements to direct the movement of the eye through the artwork. There are five kinds of rhythm: random, regular, alternating, progressive, and flowing. The way the elements are organized to lead the eye to the focal area. Movement can be directed (for example, along edges and by means of shape and colour)

Figura 16. Algunos de los elementos y principios de diseño visual. Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/845128686317729297/>. Fecha de consulta: 02/11/2022

En segundo lugar, se propone realizar un análisis estadístico sobre las bandas y canales del espectro del EEG (Figura 17) con el fin de estudiar el efecto de los principios y elementos de diseño visual sobre la energía media expresada en estas bandas y canales.



Figura 17. Un electroencefalograma es una prueba que detecta la actividad eléctrica del cerebro mediante pequeños discos metálicos (electrodos) fijados sobre el cuero cabelludo. Las neuronas cerebrales se comunican a través de impulsos eléctricos y están activas todo el tiempo, incluso mientras duermes. Esta actividad se manifiesta como líneas onduladas en un registro de electroencefalograma.

Por último, se propone la utilización de un modelo de inteligencia computacional de aprendizaje profundo con el objetivo de predecir las variaciones del comportamiento humano (actividad cerebral) frente a la exposición de los diversos elementos y principios de diseño visual a partir de su señal eléctrica. El aprendizaje profundo es un tipo de aprendizaje automático e inteligencia artificial (IA) que imita la forma en que los humanos adquieren

ciertos tipos de conocimiento. El aprendizaje profundo es un elemento importante de la ciencia de los datos, que incluye la estadística y el modelado predictivo (Figura 18).

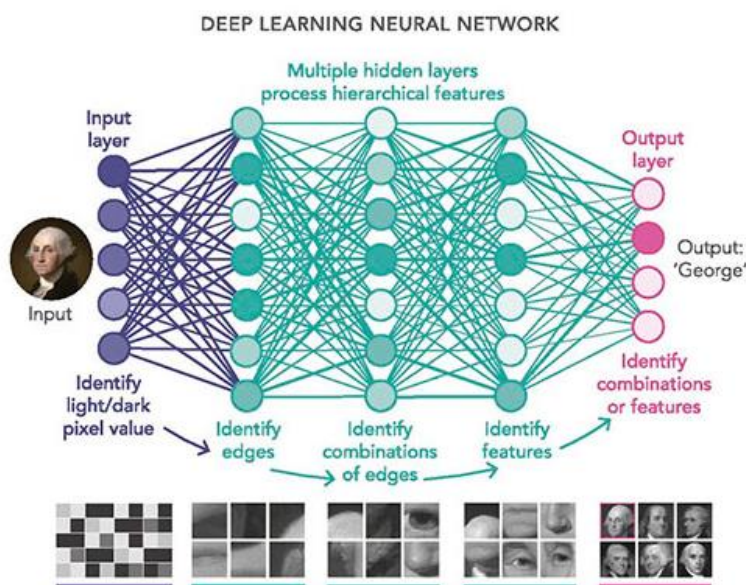


Figura 18. Red neuronal de aprendizaje profundo [111].

Metadatos, semántica y ontologías

Existen decenas de principios y elementos utilizados en comunicación y diseño. Uno de los principales problemas a la hora de acceder, interpretar y utilizar estos principios y elementos, es que, desafortunadamente, en la actualidad no existe consenso entre la comunidad de investigadores, diseñadores, pensadores y teóricos de la forma sobre el número exacto de principios y elementos, su naturaleza y su respectiva pertenencia, pues no se cuenta con una jerarquía u organización de estos. Por este motivo, sería de gran utilidad trasladar estos principios y elementos a una estructura formal de tipos, propiedades y relaciones; y organizar este conocimiento existe en forma de ontologías [112].

En informática y ciencias de la computación, una ontología abarca una representación, una denominación formal y una definición de las categorías, las propiedades y las relaciones entre los conceptos, los datos y las entidades que fundamentan uno, varios o todos los dominios del discurso (Figura 19). Más sencillamente, una ontología es una forma de mostrar las propiedades de un área temática y cómo se relacionan, definiendo un conjunto de conceptos y categorías que representan el tema [113].

Actualmente, uno de los componentes más importantes de los sistemas de inteligencia computacional utilizados en áreas como la publicidad y el marketing, son los conjuntos de datos masivos de imágenes y vídeos de comunicación publicitaria necesarios para el entrenamiento de estos. Poder contar con una estructura definida y uniforme, facilitaría el procesado y posterior análisis de esos contenidos. No solamente permitiría optimizar el procesado, sino que haría más valiosa y rica la información contenida en dichas imágenes.

La tercera parte de la investigación se centra en el citado ámbito. Contar con una ontología específica de principios y elementos de diseño visual (Figura 20), facilitaría el etiquetado de grandes volúmenes de imágenes, y estas una vez etiquetadas, podrían ser utilizadas para la creación de modelos de clasificación automática que permitirían, por ejemplo: analizar las preferencias que se expresan libremente en los ecosistemas digitales junto con lo que los usuarios visualizan en contenidos audiovisuales, estudios avanzados biométricos sobre estímulos visuales para investigación publicitaria, militar, trabajos artísticos, análisis de propaganda y comunicación política, entre otros. Este hecho, además, permitiría poner a disposición de estudiantes e investigadores, conjuntos de datos de índole publicitaria y estos podrían ser utilizados con fines académicos o educativos en ámbitos como los estudios de diseño, periodismo, comunicación audiovisual, publicidad y relaciones públicas, marketing e investigación de mercados o ingeniería informática, entre otros.

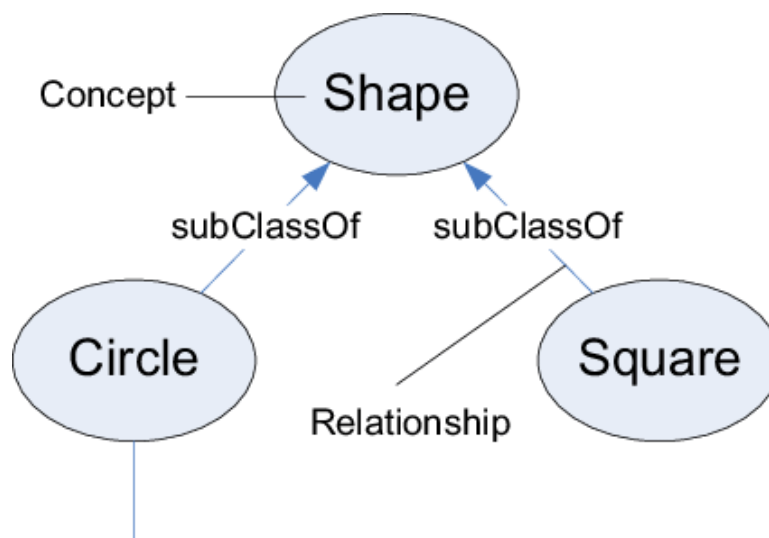


Figura 19. Ejemplo básico de una ontología [114].

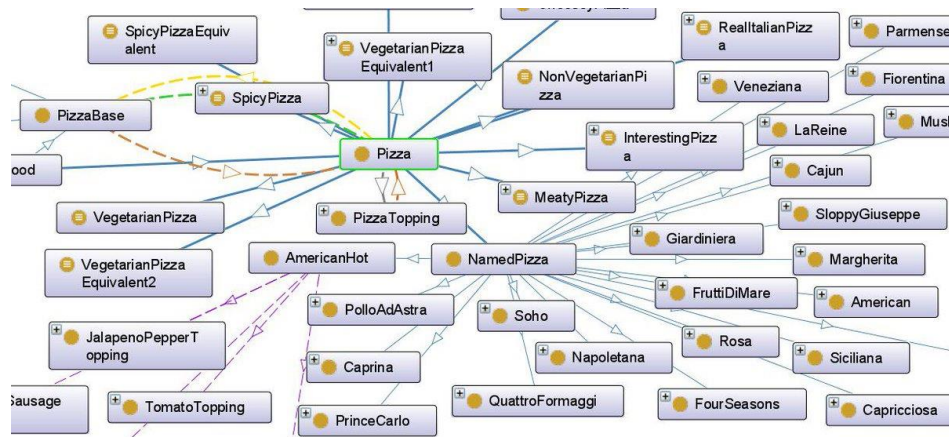


Figura 20. Vista de una ontología de productos en Protégé [115].

Capítulo 4. Minería de opinión, análisis de sentimiento y comprensión de las emociones en la publicidad: Un análisis bibliométrico

Título. Opinion Mining, Sentiment Analysis and Emotion Understanding in Advertising: A Bibliometric Analysis

Resumen. En la última década, la industria publicitaria ha experimentado un salto cualitativo, impulsado por los recientes avances en neurociencia, una gran inversión en inteligencia artificial y un alto grado de conocimiento del consumidor. En este contexto, la minería de opiniones, el análisis de sentimientos y la comprensión de las emociones nos acercan a uno de los objetivos más perseguidos por la publicidad: ofrecer anuncios relevantes a escala. La importancia de los estudios sobre minería de opiniones, análisis de sentimientos y comprensión de las emociones en la publicidad ha aumentado exponencialmente en los últimos años. El punto álgido de esta nueva situación ha sido el interés de la comunidad investigadora por estudiar la relación entre dichas innovaciones y la difusión de la publicidad inteligente y contextual. Este artículo analiza los trabajos que abordan la relación entre el análisis de sentimientos, la minería de opinión y la comprensión de las emociones en la publicidad. El objetivo principal es aclarar el estado actual de estos estudios, explorar las cuestiones, los métodos, las conclusiones, los temas y las lagunas, así como definir su importancia dentro del actual escenario de investigación sobre la publicidad convergente. Para alcanzar dichos objetivos, se realizó un análisis bibliométrico, recuperando y analizando 919 trabajos de investigación publicados entre 2010 y 2019 a partir de los resultados de Web of Science (WoS).

DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3009482>

Capítulo 5. H-Classics en Neurociencia del Consumidor, Neuromarketing y Neuroestética: Identificación y análisis conceptual

Título. Citation Classics in Consumer Neuroscience, Neuromarketing and Neuroaesthetics: Identification and Conceptual Analysis

Resumen. El neuromarketing, la neurociencia del consumidor y la neuroestética son un amplio campo de investigación de la neurociencia con un amplio bagaje de publicaciones científicas. Así, el presente estudio tiene como objetivo identificar los documentos altamente citados (HCP) en este campo de investigación, entregar un resumen del trabajo académico producido durante la última década en esta área, y mostrar patrones, características y tendencias que definen el pasado, el presente y el futuro de esta área específica del conocimiento. Los HCP muestran una perspectiva de aquellos documentos que, históricamente, han despertado un gran interés por parte de la comunidad investigadora y que podrían considerarse como la base del campo de investigación. En este estudio, recuperamos 907 documentos y analizamos, mediante la metodología H-Classics, 50 HCP identificados en la Web of Science (WoS) durante el periodo 2010-2019. El enfoque H-Classic ofrece un método objetivo para identificar el conocimiento básico en disciplinas de la neurociencia como el neuromarketing, la neurociencia del consumidor y la neuroestética. Para realizar este estudio, utilizamos el paquete R de Bibliometrix y el software SciMAT. Este análisis proporciona resultados que nos dan una visión útil del desarrollo de este campo de investigación, revelando aquellos actores científicos que han contribuido más a su desarrollo: autores, instituciones, fuentes, países, así como documentos y referencias.

DOI: <https://doi.org/10.3390/brainsci11050548>

Capítulo 6. Impacto de los elementos y principios del diseño visual en la actividad cerebral del electroencefalograma humano evaluada con métodos espectrales y redes neuronales convolucionales

Título. Impact of Visual Design Elements and Principles in Human Electroencephalogram Brain Activity Assessed with Spectral Methods and Convolutional Neural Networks

Resumen. Los elementos y principios del diseño visual (VDEP) pueden desencadenar cambios de comportamiento y emociones en el espectador, pero sus efectos sobre la actividad cerebral no se conocen con claridad. En este trabajo, exploramos las relaciones entre la actividad cerebral y los VDEP de color (frío/caliente), luz (oscuro/brillante), movimiento (rápido/lento) y equilibrio (simétrico/asimétrico). Utilizamos el conjunto de datos público DEAP con las señales de electroencefalograma de 32 participantes grabadas mientras veían vídeos musicales. Un equipo de dos expertos en comunicación visual etiquetó manualmente las VDEP características de cada segundo de los vídeos. Los resultados muestran que las variaciones de luz/valor, ritmo/movimiento y equilibrio en las secuencias de vídeos musicales producen un efecto estadísticamente significativo sobre la potencia absoluta media de las bandas EEG Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma ($p < 0,05$). Además, entrenamos una red neuronal convolucional que predice con éxito la VDEP de un fragmento de vídeo únicamente por la señal EEG del espectador con una precisión que va desde 0,7447 para la VDEP de color hasta 0,9685 para la VDEP de movimiento. Nuestro trabajo muestra pruebas de que las VDEP afectan a la actividad cerebral de diversas formas distinguibles y que un clasificador de aprendizaje profundo puede inferir las propiedades visuales de las VDEP de los vídeos a partir de la actividad del EEG.

DOI: <https://doi.org/10.3390/s21144695>

Chapter 7. Towards a Holistic Synthesis of Visual Design Elements and Principles: An Ontology

Overview

The traditional role of visual design has been to improve the visual appearance and function of information [116]. Visual design is a professional area of design that systematizes codes, iconic signs, and visual signifiers into messages. The objective of visual design is to create, analyse and transform data into graphic structures and systems for the generation and development of visual products and services that interact with society and respond to the satisfaction of its needs through the creation of tangible or intangible assets that comply with the principles of functionality, usability, and aesthetics [117], [118]. Certain principles guide visual design to achieve the above objectives, and there are some key elements of visual design that are used in different ways to create an impactful and engaging visual appeal for the users. Visual Design Elements and Principles (VDEPs) are considered the building blocks of design and visual communication [119]. The VDEPs include contrast, balance, emphasis, movement, white space, proportion, hierarchy, repetition, colour, rhythm, pattern, unity, and variety, among others. These elements and principles of design work together to create something that is visually pleasing and optimizes the user experience. Furthermore, the proper use of VDEPs can provide added value in the differentiation of products and services and is also a fundamental tool for research, innovation, and development [120]–[122].

VDEPs have been widely explored and studied throughout the history of mankind; there have been several milestones, findings, and discoveries that have marked the advancement of what we know today as a contemporary visual design [123], [124]. Some of these events have been the appearance of the ancient Greek treatise on the art of persuasion, *Ars Rhetorica* written by Aristotle in the fourth century BC [125], [126], the design of the first chromatic circle (1706) by Isaac Newton [127]–[129], and the creation of the Gestalt, school of psychology of perception, throughout the twentieth century [130], [131], among others.

Today, the interest of the scientific community in studying VDEPs continues [118], [120], [132], [133]. The study of VDEPs has aroused much attention at present, as it delves into the different attributes of the perceptual processes, to interpret the sociocultural contexts and give support to the images. Recently, several experts, researchers, and scientists have explored different aspects related to VDEPs and visual structures and their relationship with cognitive theories of perception [118], [134], [135] and learning [136], [137]. Different investigations have emphasized the analysis of the impact on the consumer of the different

VDEPs related to the vision circuit (colour, movement, or balance) which can be applied in advertising strategies [80], [138], [139] as well as in product design [140]. Some research carried out has focused on studying the influence of visual information design principles in human-machine interface design [141], the impact of principles and practices for enhanced visual design in virtual learning environments [142] or studying and identifying the relationships between VDEPs and brain activity recorded in electroencephalograms (EEG) with results suggesting that there is a strong physiological relationship and significant differences between the impact of the several existing VDEPs and human brain activity [143].

Over time, dozens of principles, and elements (VDEPs) used in visual design have been identified [144]. One of the main issues in accessing, interpreting, and using these principles and elements is that currently no existing consensus among the community of researchers, designers, thinkers, and form theorists on the exact number of principles and elements at the present, their nature, and their respective association, as there is no hierarchy or organization of these. Even the designers that agree on the number don't necessarily agree on which ones should be included in that number. For this reason, it would be of great utility to translate these commonly known principles and elements into a formal structure of types, properties, and relations. One approach to structure this information is through the creation of ontologies. Ontologies are an explicit formal specification of the terms in the domain and relations among them [143], [145].

In the latest years, the development of ontologies has been moving from the realm of Artificial-Intelligence laboratories to the desktops of domain experts [146]. In knowledge areas like library and information science, philosophy, engineering or computer science, an ontology comprises a representation, a formal naming and a definition of the categories, properties, and relationships between concepts, data, and entities that underlie one, several or all domains of discourse [147]. Ontology is the description of what exists specifically within a determined field and includes machine-interpretable definitions of basic concepts in the domain and relations among them [148]. For example, every part exists in a specific information system and includes the relationship and hierarchy between these parts [149]. Some reasons for developing an ontology are to share a common understanding of the structure of information among people or software agents, to enable the reuse of domain knowledge, to make domain assumptions explicit, to separate domain knowledge from operational knowledge and to analyse domain knowledge, among others. Sharing a common understanding of the structure of information among people or software agents is one of the

most common goals in developing ontologies, and many disciplines now develop standardized ontologies that domain experts can use to share and annotate information in their fields. Moreover, ontologies are also useful tools in the areas of digital libraries, the semantic web, and personalized information management. Hence, generating a specific ontology has many usages: it can be used as the first layer of larger intelligence tools, as a classification tree for documents, or as a tool to explore a domain [150].

Currently, one of the most important components of computational intelligence systems used in healthcare, neuroscience, business, marketing, advertising, or entertainment is the massive datasets of text, images and video content needed to train the systems and thus improve the accuracy of the various predictive models generated through artificial intelligence [151]. For the development of these systems, it is necessary to obtain large volumes of categorized and classified textual and visual information, preferably with metadata useful for the training of computer intelligence systems [152]. More specifically, in the field of computer vision, much work has been done in recent years to enable machines to understand and describe the content of images. Describing images is extremely significant when developing search engines, improving web accessibility, or developing recommendation systems, among others [153].

Being able to count on a defined and uniform structure would facilitate the processing and subsequent analysis of these contents. It would not only optimize the processing but would also make the information contained in these images more valuable and richer. Having a specific ontology of VDEPs would facilitate the labelling of large volumes of images, and these once labelled could be used for the creation of automatic classification machine learning models that would allow, for example: to analyse the preferences that are freely expressed in digital ecosystems along with what users visualize on visual content, advanced biometric studies on visual stimuli for advertising research, military, artistic works, analysis of political communication, among others [154], [155]. To improve the performance of computational intelligence models working with VDEPs, it would be possible to iterate through the following stages:

- **Collect data:** Increase the number of training examples through VDEP classification accuracy.
- **Feature processing:** Add more variables and better feature processing related to VDEPs.

- **Model parameter tuning:** Consider alternative values in the VDEPs for the training parameters used by the learning algorithm.

In addition, having an ontology in this knowledge domain would make it feasible to release trained datasets to students and researchers that could be used for academic or educational purposes in areas such as design, communication, market research, health, or engineering, among others [156].

METHONTOLOGY: a methodology for ontology construction

METHONTOLOGY was used as the methodology for ontology construction. METHONTOLOGY was first introduced in 1999 and developed within the Ontological Engineering Group at Universidad Politécnica de Madrid (Spain). This methodology enables the construction of ontologies at the knowledge level and has its roots in the main activities identified by the IEEE software development process and in other knowledge engineering methodologies [157]. METHONTOLOGY promotes interoperability across agent-based applications. METHONTOLOGY also guides in how to carry out the whole ontology development. Different researchers have applied METHONTOLOGY to the construction of ontologies in diverse fields such as legal [158], chemistry [159] and medicine [160], and others.

Ontology Development Process and Life Cycle

The Ontology Development Process refers to which activities are performed when building ontologies. The Life Cycle is cyclical, based on evolutionary prototypes. This incremental development of the ontology allows it to be validated and readjusted beforehand. Each cycle starts with the programming activity that identifies the tasks to be carried out, their layout, their temporal extension and the resources they require. In each cycle, the actual ontology prototype moves through the development activities, from specification, through conceptualisation, formalisation and implementation to maintenance, although it is not

necessary to go through all of them. Ultimately, the prototype may be mature enough for evaluation and a new cycle can be started based on the evaluation findings (Figure 21).

Management Process: Management activities

Management activities include Planning, Control and Quality assurance. The management process activities are responsible for the project management issues:

- 1) **Planning:** activity identifies the tasks to be performed, their arrangement, and the time and resources needed.
- 2) **Control activity:** guarantees completion of tasks as intended.
- 3) **Quality assurance:** checks the quality of each methodology output (ontology, software and documentation).

Development Process: Technical Activities

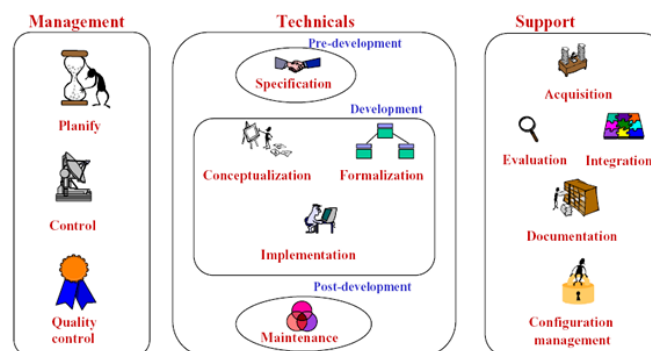
Technical activities involved in completing a development ontology cycle are Specification, Conceptualization, Formalization, Implementation and Maintenance.

- 1) **Specification:** specifies the prototype.
- 2) **Conceptualization:** builds a conceptual model from pieces provided by the knowledge acquisition activity, which is mainly run during the conceptualisation.
- 3) **Formalization:** formalises the conceptual model.
- 4) **Implementation:** implements the formalised conceptual model. This can be automatic if the formalisation can be translated automatically to an ontology implementation language.
- 5) **Maintenance:** maintenance of the resulting ontology, which might lead to a new development cycle if unsatisfied or new requirements are detected.

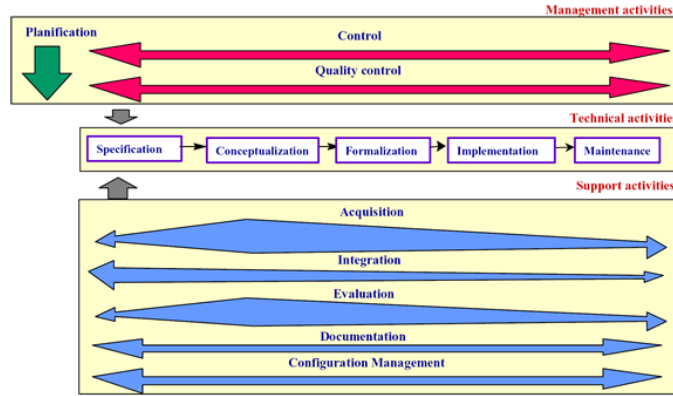
Support Process: Support activities

Support activities are performed at the same time as the development-oriented activities and include Acquisition, Integration, Evaluation, Documentation and Configuration Management.

- 1) **Acquisition:** acquires knowledge from experts or by (semi)automatic ontology learning.
- 2) **Evaluation:** judges the developed ontologies, software and documentation against a frame of reference.
- 3) **Integration:** checks if other ontologies are reused possibly in conjunction with merging or alignment activities if multiple ontologies are reused and need to be combined.
- 4) **Documentation:** details each completed stage and product.
- 5) **Configuration management:** records ontologies, software and documentation versions to control changes.



A



B

Figure 21. (A) Ontology Development Process and (B) Ontology Life Cycle through METHONTOLOGY [158].

W3C Web Ontology Language (OWL)

The W3C Web Ontology Language (OWL) was used as a semantic web language. OWL is designed to represent rich and complex knowledge about things, groups of things, and relations between things. OWL is a computational logic-based language such that knowledge expressed in OWL can be exploited by computer programs, e.g., to verify the consistency of that knowledge or to make implicit knowledge explicit. OWL documents, known as ontologies, can be published on the World Wide Web and may refer to or be referred to from other OWL ontologies. Its two primary uses are fast and flexible data modelling and efficient automated reasoning [161].

Protégé: Ontology development framework

Protégé was used as an ontology engineering workbench. Protégé version 5.5.0 (<https://protege.stanford.edu/>) is a free, open-source platform that provides a growing user community with a suite of tools to construct domain models, build intelligent systems and knowledge-based applications with ontologies [162], [163]. Protégé is a feature-rich ontology editing environment with full support for the OWL 2 Web Ontology Language, and direct in-memory connections to description logic reasoners like HermiT and Pellet. Protégé supports the creation and editing of one or more ontologies in a single workspace via a completely customizable user interface and offers visualization tools that allow for interactive navigation of ontology relationships. Using Protégé, it is possible to refactor operations including ontology merging, moving axioms between

ontologies, rename of multiple entities, and more. The tool allows RDF/XML, Turtle, OWL/XML, OBO, and other formats available for ontology upload and download [164]. Protégé is widely used among the scientific community, finding recent works in areas such as public health [165], E-learning [166], marketing [167] or recommendation systems [168], and others.

Although METHONTOLOGY recommends WebODE as a technological framework, the authors choose Protégé-OWL for the following reasons [169]:

- Protégé-OWL is more harmonized with OWL-DL than other tools.
- It is platform-independent so developers can use it on any platform.
- Protégé- is a free and open ontology editor, this tool has high accessibility compared with other ontology development tools. Protégé-OWL supports diverse plug-ins.
- The most useful plug-in for our project is OntovizTab which displays an ontology with graphical views.
- The development of Protégé-OWL has been historically driven by biomedical applications, the system is domain-independent and has been successfully adopted for many other application areas as well.

Visual Design Elements and Principles Ontology (VDEPO)

Specification

The specification phase determines why the ontology is being built, what its use will be, and who its end users will be (Table 1). The goal is to produce either an informal, semiformal or formal ontology specification document written in natural language, using a set of intermediate representations or using competency questions, respectively.

Table 1. Ontology Specification in the domain of visual design.

VDEPO Specification	
Domain	Visual Design
Date	November, 1 st 2022
Conceptualized-by	Pablo Sánchez-Núñez, Francisco E. Cabrera, Gustavo Vaccaro, and José Ignacio Peláez
Implemented-by	Pablo Sánchez-Núñez
Purpose	An ontology about visual design is to be used when information about elements and principles is required in computer vision, information systems, marketing, design theory, etc. This ontology could be used e.g. image sentiment analysis, computational aesthetics and AI training systems, visual literacy and fake news detection, and multimedia tagging using EEG signals and brain-computer interface, among others.
Level of Formality	Semi-formal
Scope	List of 7 elements and 5 principles of visual design: Color, Balance, Scale, Shape, Texture... List of object properties and data properties: Curvilinear shapes, Overlap, Shading, Asymmetrical... At least information (annotations) about elements and principles.
Sources of Knowledge	Books, book chapters, articles, data papers, figures, tables and other ontologies. Knowledge is elucidated using conjunction techniques such as brainstorming, interviews with experts, formal and informal analysis of texts, and knowledge acquisition tools.

Conceptualization

The conceptualization phase determines the structure of the domain knowledge in a conceptual model that describes the problem and its solution in terms of the domain vocabulary. The VDEPs were identified by four experts in the areas: of graphic design and visual communication, expert systems, and decision support systems. The experts were charged with organizing, labelling, and classifying each visual design element and principle (Table 2 and Table 3):

Table 2. Taxonomy of Elements of Visual Design (EVD).

Sibling Class	SubClass Of*	SubClass Of (SubClass Of*)	Object Properties	Data Properties*	SubProperty Of (Data Properties*)	Annotation Properties	References
Elements of Visual Design (EVD)	Colour	Hue	AreElementsOf	-	-	Colour is the result of light reflecting from an object to our eyes. Colour can be verified visually by measurement of its properties such as hue, saturation, and brightness.	[170]–[172]
		Saturation		-	-		
		Brightness		-	-		
	Line	Vertical			-	The line is an element of art defined by a point moving in space. Lines can be vertical, horizontal, diagonal, or curved.	[173]
		Horizontal		-	-		
		Diagonal		-	-		
		Curved		-	-		
	Point	-		-	-	A point is a coordinate without any dimensions, without any area. Points are the simplest element of visual design.	[174]
	Shape	Geometric Shapes		-	-	A shape is defined as a two-dimensional area that stands out from the space next to or around it due to a defined or implied boundary, or because of differences in value, colour, or texture. Shapes can be geometric, organic, curvilinear, and rectilinear.	[175]
		Organic Shapes		-	-		
		Curvilinear Shapes		-	-		
		Rectilinear Shapes		-	-		
	Texture	Tactile Texture		-	-	Texture refers to the physical and visual qualities of a surface. There are different types of texture: tactile and visual.	[176], [177]
		Visual Texture		-	-		
	Space	Overlap		-	-	Space can be described as the distance around and/or the area between design objects or elements. Space creates the visual essence and dynamic of a composition. There are different effects, marks and perspectives that affect space: overlap, shading, Highlight, Transitional Light, Core of the Shadow, Reflected Light, Cast Shadow, Linear perspective, and atmospheric perspective.	[130]
		Shading		-	-		
		Highlight, Transitional Light, Core of the Shadow, Reflected Light, and Cast Shadow		-	-		
		Linear Perspective		-	-		
		Atmospheric Perspective		-	-		
	Form	Geometric (artificial form)		-	-	The form is described as the way an artist arranges elements in the entirety of a composition. There are two types of forms, geometric (artificial) and natural (organic form).	[119], [178]
		Natural (organic form)		-	-		

Table 3. Taxonomy of Principles of Visual Design (PVD).

Sibling Class	SubClass Of *	SubClass Of (SubClass Of *)	Object Properties	Data Properties*	SubProperty Of (Data Properties*)	Annotation Properties	References	
Principles of Visual Design (PVD)	Unity/harmony	Perspective	ArePrinciplesOf	-	-	Unity is the use of similarity and repetition in elements to create visual and conceptual connections and pull everything together into a cohesive whole whereas harmony is the sense that everything fits together. There are different methods to achieve unity/harmony: perspective, similarity, continuation, repetition, rhythm, and theme.	[179]	
		Similarity		-	-			
		Continuation		-	-			
		Repetition		-	-			
		Rhythm		-	-			
		Theme (altering)		-	-			
	Balance	Symmetry		-	-	Graphic design balance is a principle referring to the distribution of elements in a composition. Graphic design balance is symmetrical, asymmetrical, radial balance and overall.	[90]	
		Asymmetrical		-	-			
		Radial Balance		-	-			
		Overall		-	-			
	Hierarchy/Dominance/Emphasis	-		-	-	Hierarchy, dominance, or emphasis is a pattern in the visual field wherein some elements tend to "stand out," or attract attention, more strongly than other elements, suggesting a hierarchy of importance.	[180]	
	Scale/Proportion	-		-	-	Scale is the size of one object concerning the other objects in a design or artwork. Proportion refers to the size of the parts of an object concerning other parts of the same object.	[181], [182]	
	Similarity and Contrast	Contrasts		Similar environments	-	-	Similarity and contrast, connection, and separation, grouped and ungrouped are all ways to describe the varying sameness and difference between elements. similarity and contrast are achieved through the conjugation of the following items: similar environments, and contrasts (space, position, form, direction, structure, size, colour, texture, density, and gravity).	[130], [183]
				Space	Filled / Empty			
					Near / Far			
					2-D / 3-D			
				Position	Left / Right			
					Isolated / Grouped			
					Centred / Off-Center			
				Form	Top / Bottom			
					Simple / Complex			
					Beauty / Ugly			
				Direction	Whole / Broken			
					Stability / Movement			
					Organized / Chaotic			
				Structure	Mechanical / Hand-Drawn			
					Large / Small			
				Size	Deep / Shallow			
					Fat / Thin			
				Colour	Greyscale / Color			
					Black & White / Colour			
					Light / Dark			
				Texture	Fine / Coarse			
					Smooth / Rough			
					Sharp / Dull			
				Density	Transparent / Opaque			
					Thick / Thin			
				Gravity	Liquid / Solid			
					Light / Heavy			
					Stable / Unstable			

Formalization

The formalization phase converts the previous model into a formal or semi-computable model. The Protégé tool is used in this step (Figure 22, Figure 23, Figure 24, and Figure 25).

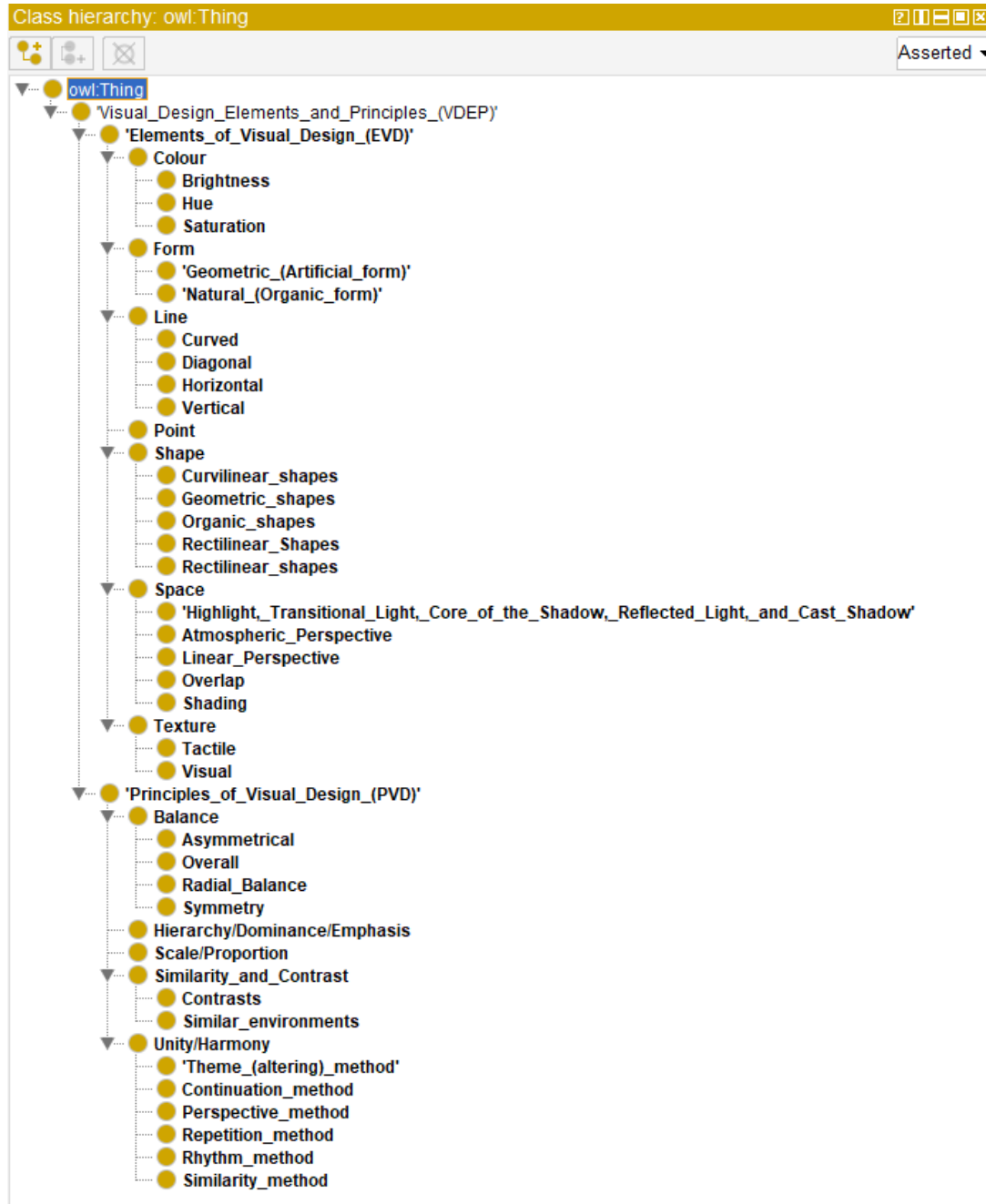


Figure 22. VDEPO Entities Tab (Classes) are shown in the Class Hierarchy (Tree).

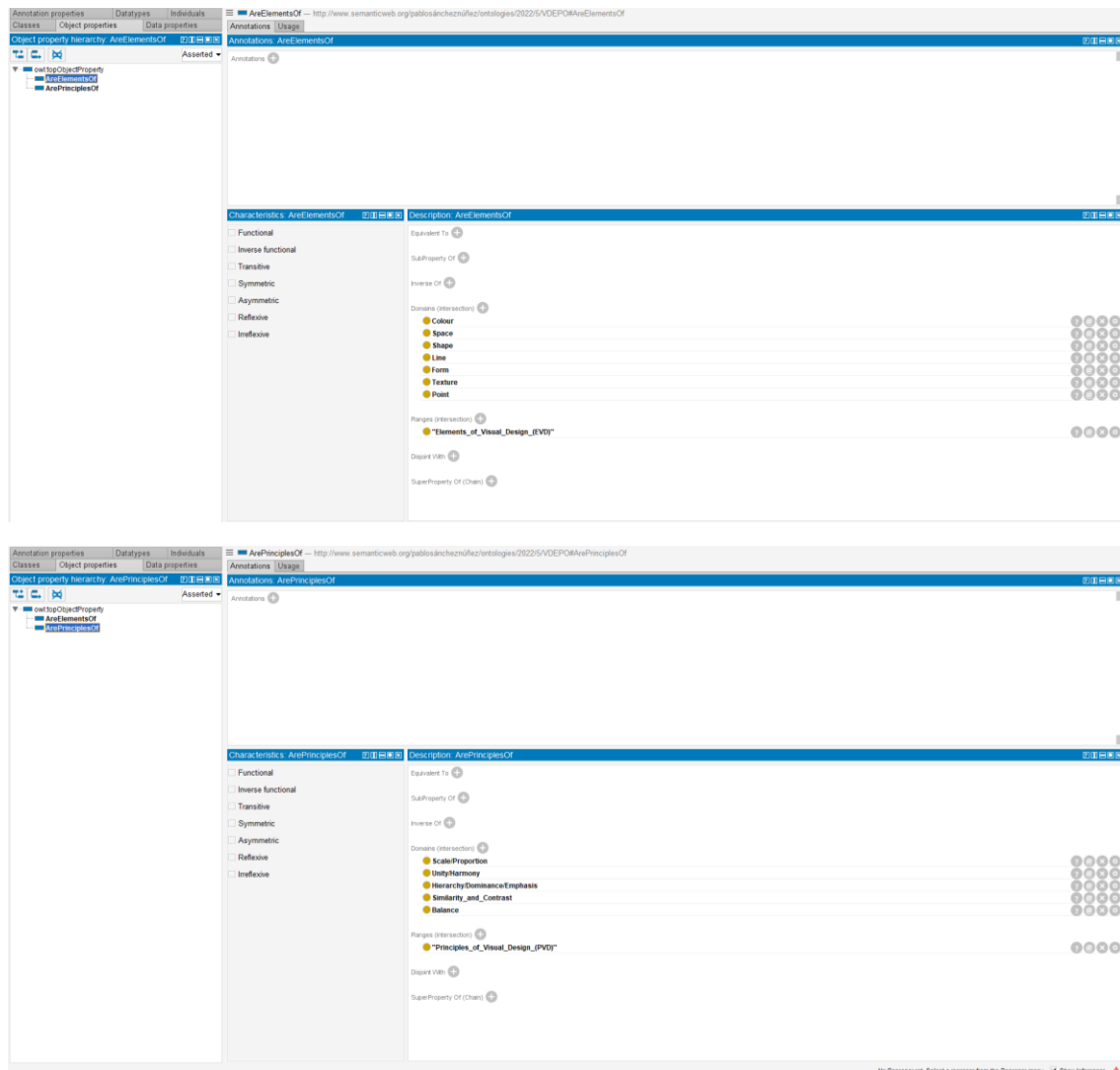


Figure 23. VDEPO Entities Tab (Object Properties) are shown in the Object Property Hierarchy (Tree).

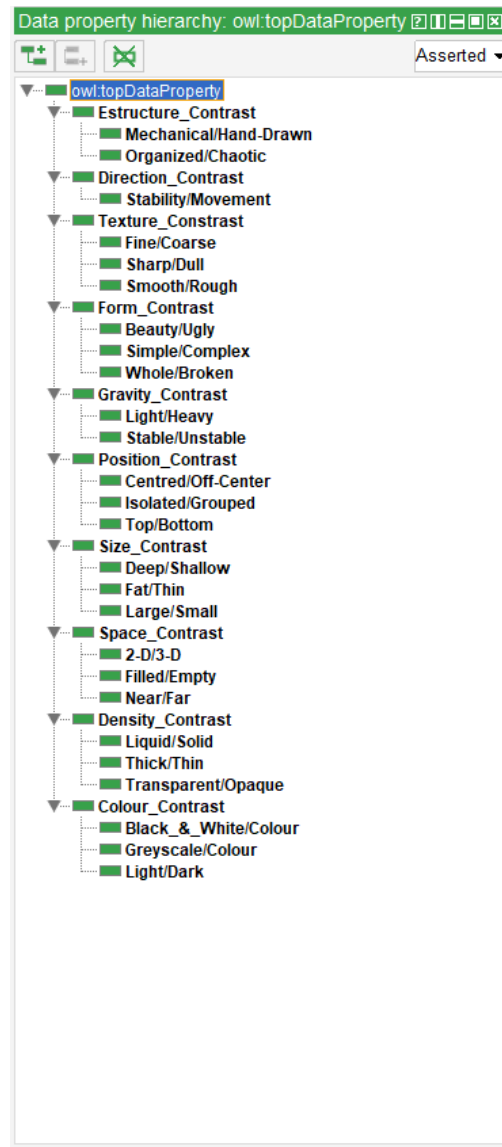


Figure 24. VDEPO Entities Tab (Data Properties) are shown in the Data Property Hierarchy (Tree).

Implementation

The implementation phase converts the formalized model into a computable model using a language for ontology construction. The Protégé tool is used in this step (Figure 5).

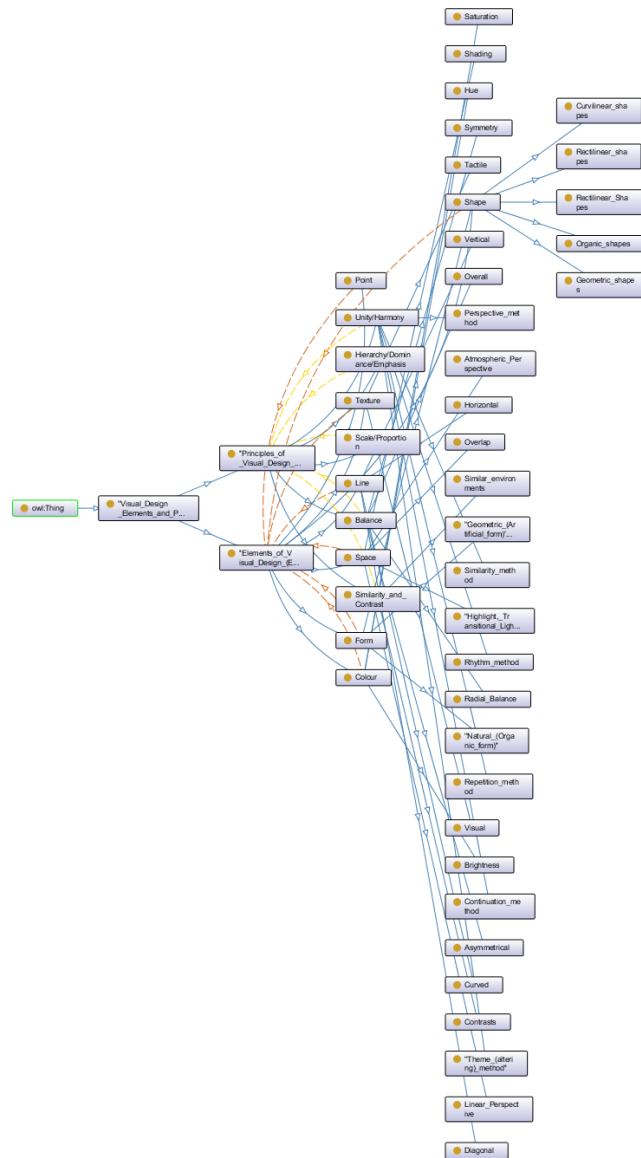


Figure 25. VDEPO using OntoGraph.

Maintenance

The maintenance phase is responsible for updating and/or correcting the ontology, if necessary. It is proposed to develop a testing scheme to ensure the ontological model's operation. It is also proposed to keep a record of the items that are part of the test plan and identify their compliance from the analysis of the behaviour of the ontology, schema proposes a plan for improvement and implementation of corrections according to the results obtained, taking advantage of the benefits provided by the METHONTOLOGY methodology for the development of projects iterative according to the life cycle of the ontology. In addition, the maintenance phase can involve the deletion of useless instances or the incorporation of new instances that have been produced over time, to the tasks of introducing changes in the content of the information, either by redefining attributes, relationships, or even concepts. The Ontology IRI is available at the following link: <http://www.semanticweb.org/pablosáncheznúñez/ontologies/2022/5/VDEPO>

Limitations

Design elements and principles are widely applicable guidelines, laws, biases, and design considerations which creators and researchers apply with discretion. Professionals from many disciplines — e.g., behavioural science, sociology, physics, communication, fine arts, and design — provided the foundation for design fundamentals via their accumulated knowledge and experience. There are dozens of basic design principles and elements that experts should consider when working on their projects. It is enough to make several explorations in different search engines to recognise a recurring problem: how many principles and elements do we find in the visual design? How many are there (there are ten, there are thirteen, maybe eighteen)? This issue is not unique, as other questions arise as to which of these design fundamentals should be included in one category or another, as well as their respective order, membership, and hierarchy. VDEPO counts, orders and defines these principles and elements of visual design, from the accumulated wisdom of the consensus among researchers and practitioners in design and related fields. However, this work is a starting point, since it does not end up with this issue, but it does represent a first approximation to the categorization of these items. VDEPO can be reused since it is developed based on general concepts commonly used in the domain. VDEPO is envisioned as an ontology-based model open to future additions, extensions and updates of VDEPs, to become a dynamic visual design items scheme.

VDEPO vs. other ontology-based solutions

Different ontology-based models have focused on visual analysis, feature extraction and visual product design. Some works are ontology-based evaluation and design of visual conceptual modelling languages[184], visual analytics assisted thorough machine learning[185], taxonomy generation tools for semantic visual analysis of a large corpus of documents, web-based editor for visual ontology mapping[186], web-based editors for visual ontology mapping [187], an ontology of computational technologies as tools for aesthetic creation [156], ontology design in a visual stock information system[188], or ontology-based approaches for activity recognition from video [189], among others. However, VDEPO is the first ontology-based proposal that covers the definition, categorization and hierarchy of aspects of visual design principles and elements through a formal model using a web ontology language.

VDEPO Applications

VDEPO could be used in numerous scientific domains, some are:

- **Image Sentiment Analysis.** Unlike existing methods that infer sentiment or emotion directly from low-level visual features, VDEPO can complement new methodologies and novel approaches based on understanding visual concepts that are strongly related to sentiment. On the one hand, VDEPO could be integrated with a large-scale Visual Sentiment Ontology (VSO) consisting of more than 3,000 adjective-noun pairs (ANP). On the other hand, VDEPO could work together with SentiBank, a novel visual concept detection library that can be used to detect the presence of 1,200 ANPs in an image [190].
- **Computational Aesthetics and AI Training Systems.** Computational aesthetics, which bridges science and art, is emerging as a new interdisciplinary field. VDEPO can contribute to computational aesthetic measurement and quantification, generative art, and the creation of a common design automation framework [154]. VDEPO also may be used to improve the accuracy of AI image generators, such as OpenAI's AI system DALL·E 2, which has learned the relationship between images and the text used to describe them. DALL·E 2 can create original, realistic images and art from a text description in natural language [191]. It can combine concepts, attributes, and styles, and it uses a process called "diffusion," which starts with a

pattern of random dots and gradually alters that pattern into an image when it recognizes specific aspects of that image. Ideally, such systems should be able to explain their evaluations, challenge humans with new ideas, and generate a new form of communication that could be beyond the typical human imagination [192].

- **Visual Literacy and Fake News Detection.** Visual literacy is about being aware of how we experience images, video, and other forms of multimedia. Like text, images can be used accurately, deliberately, misleadingly, or carelessly. Some images, like text, can be interpreted in different, sometimes contradictory, ways. With the emergence of fake news articles and "deep fake" videos on social media in recent years, it is more necessary than ever to incorporate techniques in the classroom to teach students how to evaluate images. To deal with this matter, VDEPO can contribute to helping people to be visually literate to discern the veracity of visual news messages [193].
- **Multimedia tagging using EEG signals and brain-computer interface.** Affective characteristics of multimedia are important features for describing multimedia content and can be presented by emotional tags [194]. VDEPO may help to find novel hybrid approaches to annotate videos in valence and arousal spaces and mix Visual Design Elements and Principles (VDEPs) by using users' electroencephalogram (EEG) signals and video content [143], [195].

Capítulo 8. Conclusiones y futuras líneas de investigación

Cienciometría y evaluación de la ciencia

Conclusiones

Los resultados derivados de los estudios realizados en el Capítulo 4 y 5 han permitido obtener una radiografía del estado actual de la investigación sobre minería de opinión, análisis de sentimiento y reconocimiento de emociones en publicidad, así como un análisis detallado sobre los trabajos de altamente citados entre la comunidad científica en las áreas del neuromarketing, la neurociencia del consumidor y la neuroestética.

Por una parte, la investigación bibliométrica sobre análisis de sentimiento, minería de opinión y comprensión de emociones en publicidad ha permitido determinar que los resultados revelan que solo hay conectividad de patrones de citación en los trabajos recientes en los que ha habido una investigación de las redes sociales y la minería de textos para el sentimiento de los consumidores, la extracción de opiniones comparativas a partir de clientes para la inteligencia competitiva, sistemas de clasificación de hoteles en los motores de búsqueda de viajes mediante la minería de contenidos generados por los usuarios y generados por los usuarios, entre otros. Las categorías/áreas de investigación más representativas en la Web of Science en materia de minería de opiniones, análisis de sentimientos y comprensión de emociones en la publicidad son las siguientes: Ciencias de la Computación (476 registros y 51,75% de 919 trabajos), Ingeniería (236 registros y 25,68% de 919 trabajos) y Negocios Economía (159 registros y 17,30% de 919 trabajos). Durante el primer subperíodo de estudio (2010-2014) observamos el nacimiento de la interdisciplina objeto del estudio. El campo no está muy desarrollado en ese momento y todavía no hay tendencias emergentes ni grupos temáticos representativos. Durante el segundo subperíodo (2015-2019) observamos un rápido desarrollo de la investigación en análisis de sentimientos, reconocimiento de emociones y minería de opinión en publicidad. Es el período en el que se produce la mayor producción científica, encontrando clústeres significativamente definidos y potentes, divididos en cuadrantes. Centrando el estudio en los dos cuadrantes que consideramos

fundamentales para el estudio y desarrollo de la disciplina: Los temas motores se centraron en los estudios sobre Facebook como herramienta de marketing de destinos, la técnica de seguimiento ocular para comprender los efectos de los tipos de divulgación de la colocación de marcas en los programas de televisión, los estudios sobre el sentimiento de los consumidores en un entorno de comunidad en línea, los estudios sobre el poder del botón "me gusta" y el impacto en los medios sociales, análisis de medios sociales en la extracción y visualización de valoraciones y reseñas de TripAdvisor, evaluación de la satisfacción y las expectativas de los consumidores a través de opiniones y reseñas en línea, primera fijación y duración total de la fijación en la elección del consumidor, atención visual hacia las fotografías de turismo con el texto a través de un estudio de seguimiento ocular, atención y la memoria de las marcas en la publicidad exterior, efectos de los anuncios de banner personalizados en la atención visual y la memoria de reconocimiento, composición del contenido y posición de la ranura en los anuncios de banner personalizados, y cómo influyen en la atención visual en los compradores en línea entre otros.

Los temas emergentes o en declive se centran en estudios de recuperación de ropa para la publicidad en vídeo con un aprendizaje profundo, el marketing electrónico entrante mediante la analítica de la experiencia de usuario visual y fonética basada en redes neuronales, la curación automatizada de imágenes de medios sociales relacionadas con la marca, estudios de búsqueda de atención mediante un estudio de seguimiento ocular de la mercancía en la tienda, de Airbnb en las ciudades, la predicción de la intención de compra en función del sentimiento de los usuarios de las páginas de fans, estudios sobre redes neuronales recurrentes para la clasificación de textos cortos y sentimientos, novedosos marcos para la detección de reseñas de restaurantes no calificadas y, por último, estudios sobre la aplicación y el análisis del alcance de la realidad aumentada en el marketing mediante la técnica de procesamiento de imágenes y el reconocimiento de imágenes móviles escalables para la anotación de vídeos en tiempo real entre otros. Por otra parte, la investigación de artículos altamente citados ha permitido presentar la evolución del neuromarketing, la neuroestética y la neurociencia del consumidor durante la última década. A través del análisis de 50 HCP, se han destacado los autores, instituciones, fuentes y países más notables, así como los documentos, referencias y fuerzas motrices o temas emergentes o en declive más relevantes. Los hallazgos más relevantes son:

Líderes y centros de conocimiento (Autores, fuentes, afiliaciones y países más relevantes):
Los 50 documentos H-Classics analizados están publicados en un total de 36 fuentes

diferentes. En total, se utilizan 3.727 referencias para ilustrar los documentos, lo que supone una media de 74,54 referencias por artículo de H-Classics. La distribución de H-Classics consiste en publicaciones de 2010 a 2017, aunque el trabajo se lleva a cabo desde 2010 hasta 2019. 2011 es el año más productivo en H-Classics con un total de 12 HCP publicados. 2010 es el año con el mayor promedio de citas por año, con siete H-Classics y un porcentaje de 115,14 citas/trabajo. Los autores más relevantes y con mayor impacto son el científico y profesor Chatterjee (cuatro artículos publicados y con un total de 438 citas) y el profesor Nadal (también con cuatro artículos publicados y un total de 272 citas). Chatterjee es profesor de neurología en la Escuela de Medicina Perelman de la Universidad de Pensilvania (EE. UU.). Su investigación se centra en la cognición espacial y su relación con el lenguaje. También realiza investigaciones sobre neuroestética y escribe sobre el uso ético de los hallazgos de la neurociencia en la sociedad. Además, Chatterjee es el autor de mayores referencias para los demás autores de H-Classics, apareciendo citado 54 veces, y es el autor que, además de tener una de las trayectorias más largas y consistentes en H-Classics durante el periodo estudiado, ha tenido publicaciones de H-Classics casi todos los años. Nadal es profesor del Departamento de Psicología de las Facultades de Educación, Enfermería y Fisioterapia y Psicología de la Universitat de les Illes Balears (España). Nadal es miembro permanente del Grupo de Investigación en Evolución y Cognición Humana (EVOCOG). Su investigación se centra en la estética psicológica, la neuroestética y la evolución de la mente. La fuente más relevante es el Journal of Consumer Psychology de Wiley (seis H-Classics publicadas y un total de 739 citas). Editado por el Dr. Anirban Mukhopadhyay (Hong Kong University of Science and Technology), *The Journal of Consumer Psychology* (JCP) publica artículos de gran calidad que contribuyen tanto teórica como empíricamente a la comprensión de la psicología del comportamiento del consumidor. La Universidad de Temple (EE. UU.) es la que ha tenido el mayor número de afiliaciones en trabajos de H-Classics en neuromarketing y neuroestética (un total de 12 artículos). Es una institución de referencia en neurociencia y alberga el Center for Neural Decision Making Making, el Cognitive Neuroscience Laboratory y el Temple University Neurocognition Laboratory. EE. UU. también tiene la mayor frecuencia distribuida de publicaciones en H-Classics en neuromarketing y neuroestética (Freq. 11), es el país de origen de las referencias que más autores han citado en sus bibliografías y es el país que ha publicado en todas las 10 fuentes más relevantes y ha utilizado las 10 palabras clave más frecuentes.

Documentos más relevantes (Documentos citados, referencias y fuentes más relevantes del listado de referencias): El HCP más citado es "*Neuromarketing: the hope and hype of neuroimaging in business*", un estudio de investigación sobre la aplicación de los métodos de neuroimagen al marketing de productos con 332 citas y un total de 30,18 citas por año. Este trabajo es una referencia para todos los comercializadores de productos, ya que se trata de un artículo de revisión dentro del campo de la neuroimagen y su aplicabilidad en el ámbito del desarrollo empresarial. La referencia más citada es "*Neural correlates of behavioural preference for culturally familiar drinks*", un estudio de investigación en el que los autores entregaron Coca-Cola y Pepsi a sujetos humanos y examinaron su actitud y reacciones en pruebas de comportamiento gustativo, así como en experimentos pasivos llevados a cabo durante una resonancia magnética funcional (fMRI) para entender cómo los mensajes culturales se combinan con el contenido para moldear nuestras percepciones; incluso hasta el punto de modificar las preferencias de comportamiento por una recompensa primaria como una bebida azucarada. La fuente más citada (de la lista de referencias) es Neuroimage de Elsevier (182 artículos referenciados). Editada por el Dr. Michael Breakspear (The University of Sydney), NeuroImage, a Journal of Brain Function, ofrece un vehículo para comunicar los avances importantes en el uso de la neuroimagen para estudiar las relaciones estructura-función y cerebro-comportamiento.

Estructura conceptual (Temas motores y temas emergentes o en declive): Los resultados del análisis de palabras conjuntas revelan cómo los temas motores de esta disciplina se centran en las revisiones de la literatura sobre neurociencia del consumidor, neuroestética y neuromarketing, la psicología de la percepción de las marcas y el papel de los investigadores a la hora de aplicar la neurociencia al diseño de marcas. Se ha observado que existen estudios motores centrados en experimentos relacionados con la apreciación de la estética y el diseño visual y de envases. Los resultados muestran que la investigación sobre la percepción de la toma de decisiones mediante técnicas de neurociencia, así como los trabajos para detectar el engaño, son un tema recurrente y básico.

Futuras líneas de investigación

En este punto de la investigación, surgen nuevas vías y posibilidades a la hora de explorar y explotar la información científica. Utilizando métodos cuantitativos, sería de gran interés profundizar en el área informétrica de la patentometría, con el objetivo de conocer, mediante la vigilancia tecnológica, la propiedad intelectual e industrial registrada en esta área de

conocimiento, para poder, de este modo, analizar las últimas innovaciones desarrolladas en el sector, estudiando su viabilidad comercial y entendiendo cómo estos resultados han sido transferidos al sector productivo. Asimismo, resultaría de gran interés trabajar en el diseño y aplicación de indicadores que permitan estudiar la actividad científica en la Web, que son la base de la nueva disciplina de la Cibermetría (incluyendo webometría, altmetría y análisis de uso). Los indicadores cibernéricos podrían usarse para la evaluación de la ciencia y la tecnología y complementarían los resultados obtenidos con métodos bibliométricos en los distintos estudios efectuados. Por otra parte, sería interesante profundizar en el estudio de la apertura de la ciencia (*Open Science*) en este ámbito de conocimiento.

EEG, actividad fisiológica y reconocimiento de patrones

Conclusiones

Las pruebas piloto efectuadas en el estudio perteneciente al Capítulo 6 han demostrado que los Principios y Elementos de Diseño Visual afectan a la actividad cerebral de diversas formas distinguibles y que un clasificador de aprendizaje profundo puede inferir las propiedades visuales de las VDEP de los vídeos a partir de la actividad del EEG. La disponibilidad del conjunto de datos DEAP ha catalizado la investigación sobre la predicción de estados afectivos humanos a partir de señales fisiológicas. Las investigaciones anteriores realizadas con el conjunto de datos DEAP perseguían el reconocimiento de emociones a partir de los registros de EEG mediante el uso de redes neuronales convolucionales 3D, la fusión de representaciones multimodales aprendidas y algoritmos de trayectorias densas para el reconocimiento y el análisis emocional en vídeos, el estudio de un modelo de clasificación de valencia y excitación basado en la memoria a largo plazo, los datos DEAP para la gestión de la atención sanitaria mental o el reconocimiento preciso de emociones basado en EEG sobre características combinadas utilizando redes neuronales convolucionales profundas, entre otros. En contraste con esta literatura previa que buscaba principalmente predecir los niveles de valencia y excitación a partir de los EEG en el conjunto de datos DEAP, en el estudio se ha intentado ir más allá y se ha realizado un análisis piloto de los EEG y los vídeos para extraer algunos de los VDEP más importantes -Equilibrio, Color, Luz y Movimiento- y buscar efectos medibles de estos en la actividad cerebral observable del EEG. Se han encontrado que las variaciones en la luz/valor, el ritmo/movimiento y el equilibrio en las secuencias de vídeos musicales producen un efecto estadísticamente significativo sobre la

potencia absoluta media de las bandas EEG *Delta*, *Theta*, *Alfa*, *Beta* y *Gamma*. Además, asimismo, se ha comprobado que una Red Neural Convolutiva puede predecir con éxito la VDEP de un fragmento de vídeo únicamente por la señal EEG del espectador, con una precisión superior al 79% para las VDEP que han sido consideradas en este piloto.

Futuras líneas de investigación

En líneas futuras de investigación sería interesante investigar las relaciones entre la actividad fisiológica humana, la emoción y la atención, y los elementos del diseño visual para modelar y predecir cómo la presentación visual de los estímulos afecta al rendimiento cognitivo y emocional. El objetivo final es poder predecir, para sujetos individuales, cómo diferentes presentaciones de estímulos visuales afectarán a sus niveles de atención, valencia y excitación, y a su actividad fisiológica, llevando a cabo una investigación fundamentalmente multidisciplinar que tienda un puente entre los dominios del diseño visual, el aprendizaje automático y la actividad fisiológica humana. Esto permitirá explicar y predecir, a nivel individual, cómo la percepción visual humana depende de la forma en que se presentan las imágenes, y cómo esta presentación de imágenes da lugar a cambios en el estado fisiológico del individuo. A través del análisis del procesamiento de señales fisiológicas, aprendizaje automático y la inclusión de los elementos y principios de diseño visual, se espera:

- 1) Estimar las características visuales de las imágenes a partir de la actividad cerebral (electroencefalograma, EEG).
- 2) Predecir los próximos cambios en la actividad del EEG debido a la presentación de imágenes visuales.
- 3) Diseñar automáticamente visualizaciones que mejoren el nivel de atención y compromiso de un usuario en función de su actividad cerebral previa y su nivel de respuesta emocional.
- 4) Entrenar y validar clasificadores de aprendizaje automático de VDEP a partir de la actividad cerebral.
- 5) Desarrollar enfoques de aprendizaje profundo que predigan el cambio en la atención, la valencia y excitación de un individuo utilizando información sobre la actividad EEG actual y los estímulos visuales.
- 6) Crear modelos generativos para decidir un uso óptimo de VDEP en imágenes para promover una respuesta cognitiva y emocional deseada utilizando información sobre su actividad cerebral y los niveles actuales de compromiso emocional y cognitivo.

- 7) Validar los métodos de análisis desarrollados en una variedad de datos fisiológicos disponibles públicamente y recién adquiridos (como SEED *dataset* o BCI *dataset*), que incluyen la actividad EEG de una variedad de individuos que ven clips de vídeo cortos en diversas condiciones.

A través de estas investigaciones se espera que en un futuro estos estudios arrojen luz sobre las relaciones entre las ciencias neuronales y cognitivas y el diseño visual, con el objetivo de optimizar el rendimiento cognitivo de los decisores cuando se les presenta información visual.

Nuevos algoritmos avanzados de procesamiento de señales y aprendizaje automático, junto con el conocimiento de los principios de diseño visual y la actividad fisiológica, se espera que revelen las relaciones entre la forma en que se presentan los patrones visuales y las respuestas fisiológicas, a nivel individual.

Además, en futuros estudios se planteará trabajar las siguientes hipótesis:

- H1. Es posible extraer patrones fisiológicos relacionados con la presentación de VDEP, y predecir el VDEP utilizado en las imágenes a partir de la actividad fisiológica. Explorar más estos patrones.
- H2. Es posible predecir el probable cambio en el nivel de atención, excitación y valencia de un individuo a partir de su actividad fisiológica subyacente previamente conocida y de una próxima secuencia de vídeo. Muchos trabajos en DEAP han predicho la excitación y la valencia a partir del EEG, por lo que el predecir este debería ser bastante factible.
- H3. Es posible modificar la forma en que se presenta la información visualmente a los individuos en función de su estado fisiológico subyacente y su nivel de excitación, atención y valencia, de forma que se promueva una respuesta cognitiva y emocional deseada.

Análisis de sentimiento, computación estética y generación de imágenes mediante inteligencia artificial

Conclusiones

La investigación desarrollada en el Capítulo 7 presenta una novedosa Ontología de Elementos y Principios de Diseño Visual (VDEPO) que permite la gestión del conocimiento (estructuración, categorización y jerarquización) de la información relacionada con el diseño, el reconocimiento, el etiquetado, el filtrado y la clasificación de VDEPs para su uso en los diferentes sistemas de información, sistemas expertos y sistemas de apoyo a la decisión, asimismo, la ontología permite gestionar el conocimiento relativo a una imagen, describir los parámetros para su diseño y construcción, mejorar los criterios de análisis y clasificación de en el ámbito computacional, además de disponer de un marco para el análisis de sentimiento basado en el contenido visual.

Futuras líneas de investigación

La comprensión de las relaciones semánticas entre entidades de diferentes ontologías es una tarea cognitivamente difícil. Para alinear las ontologías de dominio se requiere que un desarrollador de ontologías o un usuario final defina el mapeo entre las ontologías, ya sea manualmente o mediante el uso de una herramienta semiautomatizada. Las investigaciones futuras también podrían centrarse en ampliar y especializar la VDEPO propuesta para considerar sus aplicaciones en el aprendizaje automático. Disponer de VDEPO permite establecer los primeros pasos para la creación de un sistema que organice este conocimiento y puede permitir la construcción de la arquitectura de modelos de aprendizaje automático enfocados y personalizados a VDEPs específicos, lo que mejoraría la precisión y reduciría las pérdidas, en lugar de trabajar con redes neuronales genéricas. Desarrollar algoritmos basados en el aprendizaje automático y el procesamiento de señales biomédicas que se basen en el conocimiento del diseño visual para predecir el despliegue óptimo de elementos visuales que puedan inducir una respuesta cognitiva y emocional deseada. Esto permitiría, entre otras cosas (1) entrenar y validar clasificadores de aprendizaje automático utilizando VDEPO, y (2) desarrollar enfoques de aprendizaje profundo que predigan el cambio en la atención, la valencia y la excitación de un individuo utilizando información sobre la actividad EEG actual y los estímulos visuales (VDEPO), (3) crear modelos generativos a partir del uso de VDEPO

para decidir un uso óptimo de VDEP en imágenes para promover una respuesta cognitiva y emocional deseada, utilizando información sobre la actividad cerebral humana y los niveles actuales de compromiso emocional y cognitivo y (4) validar varios métodos en una variedad de datos fisiológicos disponibles públicamente y recién adquiridos utilizando VDEPO.

Appendix A. Abstract (English Summary)

Abstract

Traditionally, products or services (hereinafter producer) were unique, and companies had control over them. This fact had very important implications in the development of advertising communication campaigns since the consumer had no alternative to the producer being advertised. In other words, the company possessed in this case a kind of monopoly concerning the advertised producer. For example, we can look back in the history of advertising communication to the beginnings of the Spanish brand and product Cola Cao of Idilia Foods; its appearance in the 1940s was a great success, as it was a novel and unique product in the market. Over the years, the market has changed radically, and where once there was a producer for a niche market, today there are many producers, with similar characteristics, which, in many cases, the consumer is unable to differentiate.

At the same time, the emergence of the Internet and the impact of Information and Communication Technologies (ICT) on society has brought about a real transformation in the way people consume, communicate, relate and interact with their environment. Our way of thinking, feeling, and even the way we buy and communicate with brands has been completely altered. The communication industry has seen a before and after of the 2.0 generation and our immersion in the social media ecosystem. The development and innovation in communication processes have allowed today's users to have all kinds of tools, media and channels to show their attitudes, opinions, feelings and points of view about any experience, product or service. Moreover, over the last decade, this revolution in communication processes has been accentuated by the relative speed and velocity of data uploading and transmission, the democratization of ICT use and universal access to the Internet. These facts have induced a series of changes in digital social communication on the part of users, who have gradually adapted to this new social reality of communication in various digital environments. In this sense, textual communication has been affected and surpassed by visual communication. According to different studies, 93% of the decisions made by users at the time of purchase are concentrated on a visual motif, while 52% of visitors to an online store recognize that they will not enter again in one that disappoints them in visual terms. Therefore, choosing a good image to carry out an advertising campaign is essential to gain followers, build user loyalty or improve the positioning of the brand against its competitors. These two facts, the wide range of products with little or no differentiation between them, together with the emergence of the Internet and the massive development and incorporation of ICTs in society, have meant that communication campaigns have necessarily become "intelligent" and appeal more and more to consumers' emotions. For example, we find one of the best-known advertisements of the BMW automobile brand, where the slogan "Do you like driving?" is repeated (and at no time is the advertised vehicle shown); or the Mazda automobile brand; where in their advertisements they express themselves as follows: "At Mazda, we don't just offer performance, we manufacture emotions". In both examples, the communication is aimed at generating emotions in consumers, to create memories that last over time and remain in the consumer's mind.

These two examples are not unique, currently, there is a great diversity of ads that appeal directly to emotions, they manage, according to various analyses, from a neurological point

of view, to stay in the long-term memory (i.e., the one that matters, the one that creates memories). They also connect to the point of purchase decision. Every time a consumer purchases a product, he or she does so in a subjective way. It is not, therefore, a decision made by our rational or conscious brain, so reaching the emotional part of the brain with the message is especially important. It is at this point where advertising communication is undergoing an abrupt change, being necessary to change the methods, techniques and processes of advertising communication to attract the consumer. To meet this challenge, it is necessary to have methods, techniques and tools that allow us to analyze and measure the emotional impact of advertising campaigns on their target audience. In addition, it is necessary to provide communication teams with instruments for the design and development of communication campaigns that incorporate emotion in their design. However, to achieve this goal, the first step is to understand how visual design affects consumer perception and behaviour at an emotional level. The objective of this research work is to analyze how the elements and principles of visual design affect the brain activity of consumers; as well as the reordering of those principles and elements in a formal way through a hierarchical structure so that they can be used in the design processes of campaigns and communication strategies through computational intelligence and consumer neuroscience techniques.

Appendix B. Introduction (English Summary)

Variety and differentiation of products and services

Traditionally, products or services were unique, and companies owned the control of those products or services (hereinafter producer). This fact had very important implications in the development of advertising communication campaigns since the consumer had no alternative to the producer being advertised. In other words, the company had a kind of monopoly on the producer.

For example, we can delve into the history of the beginnings of the Spanish brand and product Cola-Cao; its appearance in the 1940s was a great success, as it was a novel product and also unique in the market. This fact is not unique, and we can find it reflected in the purchasing behaviour of the Spanish population, with examples of product-brand association such as: "I am going to have a Danone", when the person wanted to have a yoghurt or shake, or "I am going to have a Puleva" when the person wanted to have a milkshake.

However, over time, competitors appeared, as well as other brands with products or services with similar characteristics, or, in other words, with specific products for that market niche. An example is an appearance in the 1950s and 1960s of a direct competitor of Cola-Cao; the American brand and product Nesquik, among many others... Over the years, the market has changed radically, and where once there was one producer for a niche market, there is now a multitude of producers with similar characteristics, which, in many cases, consumers are unable to differentiate. Producer differentiation can be based mainly on various attributes such as product communication campaigns, quality, colour, size, after-sales service, specialized attention, location, brand recognition or luxury. Thus, any attribute that makes a good or service perceived differently is considered product differentiation.

It is at this point where communication and therefore the marketing universe have undergone and are undergoing a disruptive change, thus making it necessary to change communication methods, techniques and processes to attract potential consumers.

Nowadays, the importance of the producer lies in the so-called intangible characteristics. An example is a company El Corte Inglés (a worldwide distribution group based in Spain). If we were to ask anyone what this company sells that cannot be found elsewhere, the answer would be simple, what it sells can be found elsewhere, so why are consumers attracted to it? The answer is that it sells an intangible value directly related to emotions: "It sells satisfaction". This fact is not unique, for example, in the BMW ad that popularized the slogan "Do you like driving?", at no time is the vehicle shown, and what the campaign appeals directly to is the feeling of driving pleasure; this fact is easily transferable to another automobile brand such as Mazda, with the slogan that reads: "At Mazda we not only offer performance, we manufacture emotions". For many companies, producer differentiation is necessary for their survival. Producers that do not have a differentiation strategy in place risk getting lost in the sea of similar products and inevitably fail to maintain their place in the market. To this fact that there is a great variety of producer for the same market niche, it must be added that the model of society has been transformed, motivated by new technologies, evolving into the so-called information society, and the ways of acquiring the different producer on offer have changed.

Multichannel marketing: new channels and sales models

Multichannel marketing refers to the practice in which companies interact with customers through multiple channels, both direct and indirect, to sell to them, producer. Companies use direct channels, those in which the company proactively reaches the customer - such as physical stores, catalogues, and direct mail - or indirect channels, in which they push content through websites or social networks, also known as inbound marketing. Multichannel marketing is since customers have more options than ever to inform themselves about producers.

Multichannel marketing combines many distributions and promotional channels into a single unified strategy to attract customers. This approach efficiently and effectively communicates the value of producer using the strengths of specific marketing channels. These channels include but are not limited to, email, direct mail, websites, social media, banner ads and retail stores. Marketers can use multiple distribution channels to enable customers to purchase products in the way they prefer; for example, a company can sell products at a specific retailer and maintain its online store.

Information society: new forms of communication and the informed consumer

Communicating: new ways

The emergence of the Internet and the impact of ICTs on society has brought about a real transformation in the way people communicate, relate and interact with their environment. Our way of thinking, feeling, and even the way we shop and communicate with brands has been completely altered.

The evolution of communication has seen a before and after the 2.0 generation and our immersion in what we commonly refer to as the digital ecosystem. The development and innovation in communicative processes have allowed today's users to have all kinds of tools, media and channels to show their attitudes, opinions, feelings and points of view about any experience, product or service. Moreover, over the last decade, this revolution in communication processes has been accentuated by the relative speed and velocity of data uploading and transmission, the democratization of the use of ICTs and universal access to the Internet.

According to IBM, 2.5 quintillion bytes of data are created every day. Research scientist Andrew McAfee and Professor Erik Brynjolfsson of the Massachusetts Institute of Technology (MIT) note that "more data crosses the Internet every second than was stored on the entire network just 20 years ago". As the world becomes more and more connected with an increasing number of electronic devices, the volume of data will continue to grow exponentially. The study, entitled "Data Age 2025: The Evolution of Data to Life-Critical", conducted by the consulting firm International Data Corporation (IDC) and sponsored by the US hard drive manufacturer Seagate, predicts that by 2025 data generation will total 163 zettabytes (ZB), resulting in a 10-fold increase in global data volume. These facts have induced a series of changes in digital social communication on the part of users, which has

gradually adapted to this new social reality of communication in various digital environments. In this sense, textual communication has been affected by the inclusion of visual content through online messaging, with the appearance of new forms of visual communication such as the use of emoticons, GIFs, memes, or stickers. According to several studies, this new communicative reality has allowed digital users to relate, express themselves and share more efficiently and effectively.

The Consumer of the 21st Century: The Informed Consumer

Most experts agree that customers are a company's greatest asset. The information society has revolutionized the way we discover, compare, purchase and consume products and services. Today, consumers can obtain information from a multitude of channels and, at the same time, interact with companies and other consumers about products or services. In this new era, where the volume of information is growing exponentially day by day, communication channels are varied, and consumers can access a multitude of information and at the same time make their judgments or comments about products or services. The emotional component plays a crucial role in the whole purchasing process. According to some studies, a product or service that appeals directly to the consumer's feelings and emotions can sell up to 23% more. Therefore, knowing in advance how a consumer is likely to respond is a competitive advantage.

In this new scenario, where the consumer experiences bidirectional communication, multiple communication channels with large volumes of information that are issued in many cases in real-time, have made the emotional component in the purchasing process acquire greater importance. Therefore, it is becoming increasingly necessary to carry out research in these areas to design new methods and techniques of communication with and for the consumer, which are integrated into this new reality.

Online Reputation Indexes-ORIs

Research institutes, organizations, and corporations around the world, aware of the need to analyze, evaluate and diagnose communication campaigns and different marketing strategies, have developed online reputation indexes (ORIs) capable of quantifying users' relationships with the various entities under study.

The first ORIs made use of consumer ratings, which expressed their opinion using a Likert scale (stars or likes), subsequently calculating an average value with the ratings. Subsequently, these ratings incorporated textual ratings, and utilizing natural language analysis and opinion mining techniques, the sentiment associated with these ratings was extracted. The way consumers express themselves is constantly evolving, and in this evolution, the image has emerged. This fact is causing textual information to be complemented and, in many cases, eclipsed by the inclusion of visual content, through new graphic communicative forms.

Visual communication and emotional marketing

Knowing and understanding emotions is fundamental. According to several studies, the way to secure, consolidate and build consumer loyalty is achieved through an emotional connection with them:

"Human beings seek and experience emotions in consumer situations".

R.Bagozzi, M. Gopinath and P. Nyer in the paper "The Role of Emotions in Marketing" [48] published in the Journal of the Academy of Marketing (1999), describe emotions:

"As a mental state of arousal arising from cognitive evaluations of situations (...) coupled with physiological processes, are often expressed physically and may result in specific actions to publicly manifest or cope with the emotion, depending on its nature and significance to the person involved".

There are different emotional levels in purchasing behaviour, from the moment the consumer receives the information until he/she communicates it. In this intermediate process, where emotion is generated, three levels of emotion can be distinguished: Behavioral Level, Physiological Level and Verbal/Subjective Level.

Nowadays, there is a great diversity of advertisements that appeal directly to emotions, managing, according to several analyses, from a neurological point of view, to remain in the long-term memory (that is, the one that stores memories for a long-lasting period). Every time a consumer purchases a product, it is mainly in a subjective way. In most cases it is not a decision made by our rational or conscious brain, so reaching the emotional part of the brain with the message is especially important. Emotions are the engine that moves society, the ones that humanize the human being. The study of emotions is not a recent phenomenon, as it began thousands of years ago in Ancient Greece with "the Aristotelian theory of emotions". As early as 1872, the naturalist Charles Darwin wrote "The Expression of the Emotions in Man and Animals", a book in which he narrated that facial expressions and gestures influenced the evolution of species. Later, in 1980, Professor Robert Plutchik showed his theory of the wheel of emotions, formed by eight basic emotions. For Plutchik, this resembled Goethe's Theory of Colors where the primary colours are intermingled; the same happened with the basic emotions, which combined to create a range of feelings. In 1990, the American psychologist Paul Ekman, after years of research and study, extended the set of emotions into a total of 17 recognized emotions: relief, embarrassment, complacency or contentment, guilt, amusement, contempt or disdain, enthusiasm or excitement, happiness, anger or rage, fear or dread, sadness, pride or haughtiness, sensory pleasure, disgust, revulsion, disgust or repulsion, satisfaction, surprise, and shame. Recently, in 2017, various researchers expanded Ekman's selection of recognized emotions by a total of 27.

For those responsible for advertising management, it is very valuable to know what kind of stimuli can influence people's emotions and behaviour. Some of the strategies followed by visual creators and designers to better connect with consumers, trying to appeal directly to their feelings, is through the creation of stories, which serve to convey values and achieve a strong empathy and identification between customer and brand. In addition, several studies suggest that, in the social media universe, 35% of retweets have an image and Facebook images get 53% more "likes", 104% more comments and 84% more clicks. Statistics indicate that 93% of the decisions users make when shopping is focused on a visual motif, while 52% of visitors to an online store admit that they will not re-enter one that disappoints them in terms of visuals. Therefore, choosing an optimal image to carry out an advertising campaign is essential to gain followers, build consumer loyalty, and create a brand image, among others. To meet this challenge, it is necessary to have methods, techniques and tools to analyze and measure the emotional impact of advertising campaigns on their target audience. In addition,

communication teams must be provided with tools for the design and development of communication campaigns.

Likewise, analyzing the sentiment and understanding the emotions underlying a series of textual and visual information is essential when identifying, measuring, and extracting subjective information from existing content (emotions, behaviours, attitudes and opinions) expressed in online mentions in digital ecosystems (social networks, forums, websites, etc.)

Visual Design Elements and Principles

The boundaries between information processed by the human brain and by machines are becoming increasingly blurred. Recent advances in brain-computer interface (BCI) are enabling new forms of interaction between humans and machines. At the same time, interest is growing in the area of emotion recognition, which allows computers to learn to recognize the emotional reactions of humans. Likewise, the study of physiological signals offers an avenue for assessing the quality of experience of modern communication systems. These emerging trends have the potential to revolutionize the way humans and machines interact, but a crucial and sometimes overlooked element of this interaction is the way information is visually displayed to human operators. This is important because of the increasing amount of time humans spend in front of screens. The information must be presented visually in a way that holds the attention of the human agent and promotes the desired emotional and cognitive response in them.

The principles and design elements of visual communication are crucial to achieving the optimal presentation of visual stimuli. These principles seek to create visually appealing content to communicate specific messages and persuade in a way that facilitates understanding of the message and ensures a lasting impression on its recipient. This goal is achieved through the conscious manipulation of the inherent elements and principles, such as shape, texture, directional harmony and colour that make up the designed product. Despite previous research in the fields of graphic design and psychology, with application in fields such as visual arts, branding, and product management, it is not yet fully understood how the elements and principles of visual design (VDEP) infer and impact human brain activity.

Film director Wes Anderson has developed a distinctive aesthetic compositional style that is easily recognizable by his use of striking colour palettes. Wes Anderson has become one of today's most recognizable filmmakers for two reasons: the aesthetics of his works and his storytelling. All the elements and principles of visual design have meaning and significance in the various scenes of his filmography. For example, the elaboration of his colour palettes, has fundamental importance, not only from the point of view of contemplation and aesthetic pleasure, but to create and recreate an atmosphere; Anderson uses them on many occasions to mark times or changes in the story.

Appendix C. General and specific objectives

(English Summary)

General and specific objectives

This doctoral thesis is the continuation of a line of research developed over the last few years by the Aula de Mecenazgo para la Innovación de Métricas y Gestión de Intangibles and the Centro de Investigación Social Aplicada at the Universidad de Málaga, where several studies have been carried out to model consumer buying processes through computational intelligence techniques.

In the first studies, research focused on the opinion expressed by decision-makers through questions, or what we call solicited information. In this field, indexes have been provided to measure the consistency of the judgments made by the decision-makers, group decision-making methods have been proposed, as well as new ways of representing information through interval mathematics. In the second phase of this line of research, the modelling of implicit information that the decision maker uses in the decision process and does not express explicitly has been addressed. In addition, we have worked with unsolicited information, which consumers or decision-makers express freely, for example, in social networks, integrating both solicited and unsolicited information together with implicit information.

Society is changing rapidly, driven by advances in research and the development of technology and communications. This aspect has led to the fact that consumers can be permanently informed, in any location and through different channels of any product; express their opinion about them, and often using only elements of visual communication, such as animations (GIF), pictograms (emojis), stickers or other forms of expression of graphic character, where the image predominates over text.

It is at this point, that the present research study arises; trying to analyze, understand and model how images affect the behaviour of users/consumers and how the decision and/or purchase processes may be affected, to use neural stimuli and analysis of brain activity to estimate the criteria and purchase weights of the consumer.

Therefore, the objective of this research work is to analyze the impact on emotions through visual design elements and principles of images/video.

The development of this study can contribute to the improvement in the optimization and implementation of communication campaigns, to the analysis of sentiment and emotion recognition to make better decisions in real-time allowing the development of better communication strategies, increasing user/consumer satisfaction through the improvement in the compression and analysis of opinion, facilitate the creation of models for the design of campaigns with a higher level of virality, the improvement of systems for the generation of images through artificial intelligence as well as create support systems for business decision making, among others.

The proposed research has the following specific objectives (SO):

- SO1. To make a scientometric study on sentiment analysis in images, opinion mining and emotion recognition in advertising, as well as an approach to the field of consumer neuroscience, neuromarketing and neuroaesthetics.
- SO2. Analyze the impact of visual design principles and elements on emotions, through neural analysis (encephalograms) of subjects exposed to observations and use Big Data (in this case, Deep Learning) to determine the changes in brain activity generated by the viewing of a particular frame in users/consumers, by modelling the dynamic behaviour of brain activity across temporal and spatial scales (merging connectivity structure and brain function taking into account spatial and physiological constraints) and characterizing the topology of brain networks with different types of connections and sources of activity.
- SO3. Design the foundations for implementing an advertising design support system using computational intelligence and electroencephalogram (EEG) techniques and creation of an ontology on the principles and elements of visual design so that it can be implemented in various decision support systems, as well as for the generation and labelling of image datasets used in branches such as computational intelligence or neuroscience.

Appendix D. Materials and Methods (English Summary)

Scientometrics and Research Evaluation

Scientometrics deals with the quantitative features and characteristics of science and scientific research. Like any method of quantification, scientometrics uses different scales to evaluate the functionality of the analyzed science, as well as to investigate the development of research policies applied by different countries and organizations that practice it, both in the social and natural sciences.

In scientometrics, the scientific literature itself becomes the object of analysis and in a sense, it could be considered a science of science. Scientometrics researchers often attempt to measure the evolution of a scientific field, the impact of scholarly publications, patterns of authorship, and the process of scientific knowledge production. Using scientometrics, for example, we can study the production and impact of communication departments in Nordic countries or the evaluation of marketing program research using Google Scholar data, among others. Scientometrics usually involves the monitoring of research, the evaluation of the scientific contribution of specific authors, journals, or papers, as well as the analysis of the process of dissemination of scientific knowledge. Researchers in these approaches have developed methodological principles on ways to collect information produced by researchers' communication activity, and have used specific methods such as citation analysis, social network analysis, co-word analysis, and content analysis, as well as text mining to achieve these goals. Many bibliometric studies focus on authorship or measure the contribution of journals and research organizations but may also involve content analysis of words in titles, abstracts, the full text of books, journal articles or conference proceedings, or keywords assigned to published articles.

Applying scientometrics in a specific field of knowledge can allow to deepen the research and development of scientific fields, improve the formulation of scientific evaluation, research, and funding policies, establish R&D&I agreements, and create synergies between authors, countries, and institutions. In addition, it allows knowing what, who, how, when, and why a research field is promoted and developed, among others. In this specific case, utilizing the two methodological approaches proposed (bibliometric analysis and study of citation classics), the aim is to x-ray the current state of research in the aforementioned areas to understand the research niches and potential lines of development, as well as to learn about the latest findings in the aforementioned areas.

Analysis of human brain activity and visual design elements and principles

The second part of the research focuses on the study of the elements and principles of visual design and their effect on human brain activity. For this purpose, we first propose the use of an open data set (dataset) of image analysis and human brain activity using the encephalogram (EEG) technique. EEG is a painless, noninvasive, low-cost scan, widely used in clinical practice for the detection and monitoring of epilepsy, as well as in consumer behaviour studies, neuromarketing and neuroaesthetics.

It is proposed to study how 4 of the fundamental visual design elements and principles when designing any audiovisual content: balance, colour, light, and symmetry affect human brain activity. First, it is proposed to reorder the EEG channels of the open dataset, the performance of filtering and the manual selection of the design principles and elements on each frame of the audiovisual content used in the EEG study.

Secondly, it is proposed to perform statistical analysis on the bands and channels of the EEG spectrum to study the effect of the visual design principles and elements on the mean energy expressed in these bands and channels.

Finally, the use of a deep learning computational intelligence model is proposed to predict variations in human behaviour (brain activity) upon exposure to various visual design elements and principles from their electrical signal. Deep learning is a type of machine learning and artificial intelligence (AI) that mimics the way humans acquire certain types of knowledge. Deep learning is an important element of data science, which includes statistics and predictive modelling.

Metadata, semantics, and ontologies

There are dozens of principles and elements used in communication and design. One of the main problems in accessing, interpreting, and using these principles and elements is that, unfortunately, there is currently no consensus among the community of researchers, designers, thinkers, and form theorists on the exact number of principles and elements, their nature, and their respective membership, since there is no hierarchy or organization of these. For this reason, it would be very useful to translate these principles and elements into a formal structure of types, properties, and relations; and to organize this knowledge exists in the form of ontologies.

In informatics and computer science, an ontology encompasses a representation, formal naming and definition of the categories, properties and relationships between concepts, data and entities that underlie one, several or all domains of discourse. More simply, ontology is a way of showing the properties of a subject area and how they are related by defining a set of concepts and categories that represent the subject.

Currently, one of the most important components of computational intelligence systems used in areas such as advertising and marketing is the massive datasets of advertising communication images and videos needed to train them. Having a defined and uniform structure would facilitate the processing and subsequent analysis of these contents. It would

not only optimize the processing but would also make the information contained in these images more valuable and richer.

The third part of the research focuses on ontology engineering. Having a specific ontology of principles and elements of visual design would facilitate the labelling of large volumes of images, and these once labelled could be used for the creation of automatic classification models that would allow, for example: to analyze the preferences that are freely expressed in digital ecosystems along with what users visualize in audiovisual content, advanced biometric studies on visual stimuli for advertising research, military, artistic works, analysis of propaganda and political communication, among others. This fact, in addition, would allow making available to students and researchers, data sets of an advertising nature and these could be used for academic or educational purposes in areas such as design studies, journalism, audiovisual communication, advertising and public relations, marketing and market research or computer engineering, among others.

Appendix E. Conclusions and future research lines

Scientometrics and Research Evaluation

The results derived from the studies conducted in Chapters 4 and 5 have allowed us to obtain an x-ray of the current state of research on opinion mining, sentiment analysis and emotion recognition in advertising, as well as a detailed analysis of the highly cited works among the scientific community in the areas of neuromarketing, consumer neuroscience and neuroaesthetics.

On the one hand, bibliometric research on sentiment analysis, opinion mining and understanding of emotions in advertising has determined that the results reveal that there is only citation pattern connectivity in recent works where there has been researching on social media and text mining for consumer sentiment, comparative opinion mining from customers for competitive intelligence, hotel ranking systems in travel search engines by mining user-generated and user-generated content, among others. The most representative categories/research areas in the Web of Science in opinion mining, sentiment analysis and emotion understanding in advertising are as follows: Computer Science (476 records and 51.75% of 919 papers), Engineering (236 records and 25.68% of 919 papers) and Business Economics (159 records and 17.30% of 919 papers). During the first subperiod of study (2010-2014), we observed the birth of the inter-discipline under study. The field is not very developed at that time and there are still no emerging trends or representative thematic groups. During the second subperiod (2015-2019) we observe rapid development of research in sentiment analysis, emotion recognition and opinion mining in advertising. This is the period in which the highest scientific production occurs, finding significantly defined and powerful clusters, divided into quadrants. Focusing the study on the two quadrants that we consider fundamental for the study and development of the discipline: The driving themes focused on studies on Facebook as a destination marketing tool, the eye-tracking technique to understand the effects of brand placement disclosure types in television programs, studies on consumer sentiment in an online community environment, studies on the power of the "like" button and the impact on social media, social media analysis in the extraction and visualization of TripAdvisor ratings and reviews, assessment of consumer satisfaction and expectations through online opinions and reviews, first fixation and total fixation duration in consumer choice, visual attention towards tourism photographs with text through an eye-tracking study, attention and brand memory in outdoor advertising, effects of personalized banner ads on visual attention and recognition memory, content composition and slot position in personalized banner ads, and how they influence visual attention in online shoppers among others.

Emerging or declining topics focus on apparel retrieval studies for video advertising with deep learning, inbound e-marketing using neural network-based visual and phonetic user experience analytics, automated curation of brand-related social media images, attention-seeking studies using an eye-tracking study of in-store merchandise, Airbnb in cities, prediction of purchase intent based on fan page user sentiment, studies on recurrent neural networks for short text and sentiment classification, novel frameworks for detection of

unrated restaurant reviews, and finally studies on the application and scope analysis of augmented reality in marketing using image processing technique and scalable mobile image recognition for real-time video annotation among others. On the other hand, the research of highly cited articles has allowed presenting the evolution of neuromarketing, neuroaesthetics and consumer neuroscience during the last decade. Through the analysis of 50 HCPs, the most notable authors, institutions, sources, and countries have been highlighted, as well as the most relevant papers, references and driving forces of emerging or declining topics. The most relevant findings are:

1. Leaders and centres of knowledge (Authors, sources, affiliations, and most relevant countries): The 50 H-Classics papers analyzed are published in a total of 36 different sources. In total, 3,727 references are used to illustrate the papers, which is an average of 74.54 references per H-Classics paper. The distribution of H-Classics consists of publications from 2010 to 2017 although the work runs from 2010 to 2019. 2011 is the most productive year in H-Classics with a total of 12 HCPs published. 2010 is the year with the highest average number of citations per year with seven H-Classics and a percentage of 115.14 citations/paper. The most relevant authors with the highest impact are the scientist professor Chatterjee (four published papers and a total of 438 citations) and Professor Nadal (also with four published papers and a total of 272 citations). Chatterjee is a professor of neurology at the Perelman School of Medicine at the University of Pennsylvania (USA). His research focuses on spatial cognition and its relationship to language. He also researches neuroaesthetics and writes on the ethical use of neuroscience findings in society. In addition, Chatterjee is the most highly referenced author for other H-Classics authors, appearing cited 54 times, and is the author who, in addition to having one of the longest and most consistent track records in H-Classics during the period studied, has had H-Classics publications almost every year. Nadal is a professor in the Department of Psychology at the Faculties of Education, Nursing and Physiotherapy and Psychology at the Universitat de les Illes Balears (Spain). Nadal is a permanent member of the Human Evolution and Cognition Research Group (EVOCOG). His research focuses on psychological aesthetics, neuroaesthetics and the evolution of the mind. The most relevant source is Wiley's Journal of Consumer Psychology (six published H-Classics and a total of 739 citations). Edited by Dr Anirban Mukhopadhyay (Hong Kong University of Science and Technology), The Journal of Consumer Psychology (JCP) publishes high-quality articles that contribute both theoretically and empirically to the understanding of the psychology of consumer behaviour. Temple University (USA) has had the highest number of affiliations in H-Classics papers in neuromarketing and neuroaesthetics (a total of 12 articles). It is a leading institution in neuroscience and houses the Center for Neural Decision Making, the Cognitive Neuroscience Laboratory and the Temple University Neurocognition Laboratory. The USA also has the highest distributed frequency of publications in H-Classics in neuromarketing and neuroaesthetics (Freq. 11), is the country of origin of the references that most authors have cited in their bibliographies and is the country that has published in all the 10 most relevant sources and used the 10 most frequent keywords.
2. Most relevant documents (Most relevant cited papers, references, and sources from Reference List): The most cited HCP is "Neuromarketing: the hope and hype of neuroimaging in business", a research study on the application of neuroimaging methods to product marketing with 332 citations and a total of 30.18 citations per year. This work is a reference for all product marketers, as it is a review article within the field of neuroimaging and its applicability in the field of business development. The most cited reference is "Neural correlates of behavioural preference for

culturally familiar drinks," a research study in which the authors delivered Coke and Pepsi to human subjects and examined their attitudes and reactions in taste behaviour tests as well as in passive experiments conducted during functional magnetic resonance imaging (fMRI) to understand how cultural messages combine with content to shape our perceptions; even to the point of modifying behavioural preferences for a primary reward such as a sugary beverage. The most cited source (from the reference list) is Elsevier's *Neuroimage* (182 articles referenced). Edited by Dr Michael Breakspear (University of Sydney), *NeuroImage*, a Journal of Brain Function, provides a vehicle for communicating important advances in the use of neuroimaging to study structure-function and brain-behaviour relationships.

3. Conceptual Structure (Driving Themes and Emerging or Declining Themes): The results of the joint word analysis reveal how the driving themes of this discipline focus on literature reviews in consumer neuroscience, neuroaesthetics and neuromarketing, the psychology of brand perception, and the role of researchers in applying neuroscience to brand design. It has been noted that there are motor studies focused on experiments related to aesthetic appreciation and visual and packaging design. The results show that research on the perception of decision-making using neuroscience techniques, as well as work on detecting deception, is a recurrent and basic theme.

At this point of the research, new ways and possibilities arise when exploring and exploiting scientific information. Using quantitative methods, it would be of great interest to delve deeper into the informetric area of patentometrics, to know, through technological surveillance, the intellectual and industrial property registered in this area of knowledge, to be able to analyze the latest innovations developed in the sector, studying their commercial viability, and understanding how these results have been transferred to the productive sector. It would also be of great interest to work on the design and application of indicators to study scientific activity on the Web, which is the basis of the new discipline of Cybermetrics (including webometrics, altmetrics and usage analysis). Cybermetric indicators could be used for the evaluation of science and technology and would complement the results obtained with bibliometric methods in the different studies carried out. On the other hand, it would be interesting to deepen the study of the openness of science (Open Science) in this field of knowledge.

EEG, Physiological Activity and Pattern Recognition

Pilot tests conducted in the study of Chapter 4 have shown that Visual Design Principles and Elements affect brain activity in several distinguishable ways and that a deep learning classifier can infer the visual properties of video VDEPs from EEG activity. The availability of the DEAP dataset has catalyzed research on predicting human affective states from physiological signals. Previous research using the DEAP dataset pursued emotion recognition from EEG recordings using 3D convolutional neural networks, the fusion of learned multimodal representations and dense trajectory algorithms for emotional recognition and analysis in videos, the study of an arousal and valence classification model based on long-term memory, DEAP data for mental health care management, or accurate EEG-based emotion recognition on combined features using deep convolutional neural networks, among others. In contrast to this previous literature that mainly sought to predict valence and arousal levels from EEGs in the DEAP dataset, in the study we have attempted

to go further and have run a pilot analysis of EEGs and videos to extract some of the most important VDEPs - Balance, Color, Light and Motion - and look for measurable effects of these on observable EEG brain activity. Variations in light/value, rhythm/motion and balance in music video sequences have been found to produce a statistically significant effect on the mean absolute power of the Delta, Theta, Alpha, Beta and Gamma EEG bands. Furthermore, it has also been shown that a Convolutional Neural Network can successfully predict the VDEP of a video fragment from the viewer's EEG signal alone, with an accuracy of over 79% for the VDEPs that have been considered in this pilot.

In future lines of research, it would be interesting to investigate the relationships between human physiological activity, emotion and attention, and elements of visual design to model and predict how the visual presentation of stimuli affects cognitive and emotional performance. The goal is to be able to predict, for individual subjects, how different presentations of visual stimuli will affect their levels of attention, valence and arousal, and their physiological activity, by conducting a fundamentally multidisciplinary investigation that bridges the domains of visual design, machine learning and human physiological activity. This will allow us to explain and predict, at the individual level, how human visual perception depends on the way images are presented, and how this image presentation results in changes in the physiological state of the individual. Through the analysis of physiological signal processing, machine learning and the inclusion of visual design elements and principles it is expected to:

- 1) Estimate the visual characteristics of images from brain activity (electroencephalogram, EEG).
- 2) Predict upcoming changes in EEG activity due to the presentation of visual images.
- 3) Automatically design visualizations that enhance a user's level of attention and engagement based on their previous brain activity and level of emotional response.
- 4) Train and validate machine learning classifiers of VDEPs from brain activity.
- 5) Develop deep learning approaches that predict change in an individual's attention, valence, and arousal using information about current EEG activity and visual stimuli.
- 6) Create generative models to decide an optimal use of VDEP in imagery to promote a desired cognitive and emotional response using information about their brain activity and current levels of emotional and cognitive engagement.
- 7) Validate the developed analysis methods on a variety of publicly available and newly acquired physiological data (such as the SEED dataset or BCI dataset), which include EEG activity from a variety of individuals viewing short video clips under various conditions.

Through this research, it is hoped that future studies will shed light on the relationships between neural and cognitive sciences and visual design, to optimize the cognitive performance of decision-makers when presented with visual information.

New advanced signal processing and machine learning algorithms, coupled with knowledge of visual design principles and physiological activity, are expected to reveal relationships between the way visual patterns are presented and physiological responses, at the individual level.

In addition, future studies will propose to work on the following hypotheses (H):

- H1. It is possible to extract physiological patterns related to VDEP presentation and to predict the VDEP used in the images from physiological activity. Explore these patterns further.
- H2. It is possible to predict the likely change in an individual's level of attention, arousal, and valence from their previously known underlying physiological activity and an upcoming video sequence. Many papers in DEAP have predicted arousal and valence from EEG, so predicting this should be quite feasible.
- H3. It is possible to modify the way information is presented visually to individuals based on their underlying physiological state and their level of arousal, attention, and valence in a way that promotes a desired cognitive and emotional response.

Sentiment analysis, aesthetic computing and image generation using artificial intelligence

The research developed in Chapter 7 presents a novel Visual Design Elements and Principles Ontology (VDEPO) that allows knowledge management (structuring, categorization and hierarchization) of information related to the design, recognition, labelling, filtering and classification of VDEPs for use in different information systems, expert systems and decision support systems. In addition, ontology allows the management of the knowledge related to an image, describes the parameters for its design and construction, improves the analysis and classification criteria in the computational domain, and provides a framework for sentiment analysis based on visual content.

Understanding semantic relationships between entities from different ontologies is a cognitively challenging task. Aligning domain ontologies requires an ontology developer or an end user to define the mapping between ontologies, either manually or by using a semi-automated tool. Future research could also focus on extending and specializing the proposed VDEPO to consider its applications in machine learning. Having VDEPO allows for establishing the first steps for the creation of a system that organizes this knowledge and may allow building the architecture of machine learning models focused and customized to specific VDEPs, which would improve accuracy and reduce losses, instead of working with generic neural networks. Develop algorithms based on machine learning and biomedical signal processing that rely on knowledge of visual design to predict the optimal display of visual elements that can induce a desired cognitive and emotional response. This would enable, among other things (1) training and validating machine learning classifiers using VDEPO, and (2) developing deep learning approaches that predict change in an individual's attention, valence, and arousal using information about current EEG activity and visual stimuli (VDEPO), (3) create generative models from the use of VDEPO to decide an optimal use of VDEP in imaging to promote a desired cognitive and emotional response using information about human brain activity and current levels of emotional and cognitive engagement, and (4) validate various methods on a variety of publicly available and newly acquired physiological data using VDEPO.

Referencias

- [1] W. R. Smith, "Product Differentiation and Market Segmentation as Alternative Marketing Strategies," *J Mark*, vol. 21, no. 1, pp. 3–8, Jul. 1956, doi: 10.1177/002224295602100102.
- [2] T. H. Witkowski, "Book Review: *A History of Advertising: The First 300,000 Years* by Jef I. Richards," *Journal of Macromarketing*, p. 027614672211256, Sep. 2022, doi: 10.1177/02761467221125666.
- [3] C. B. Meyers, "Media History and Advertising Archives," *American Journalism*, vol. 37, no. 2, pp. 244–255, Apr. 2020, doi: 10.1080/08821127.2020.1750888.
- [4] E. Timke, "Key Concepts in Advertising: Ideology," *Advertising & Society Quarterly*, vol. 22, no. 2, 2021, doi: 10.1353/asr.2021.0025.
- [5] S. Bazarcı, "The Effects of Different Developments in Advertising," 2022, pp. 50–69. doi: 10.4018/978-1-7998-9672-2.ch004.
- [6] P. Hartmann, A. Marcos, and V. Apaolaza, "Past, present, and future of research on corporate social responsibility advertising," *Int J Advert*, pp. 1–9, Sep. 2022, doi: 10.1080/02650487.2022.2121902.
- [7] P. R. Dickson and J. L. Ginter, "Market Segmentation, Product Differentiation, and Marketing Strategy," *J Mark*, vol. 51, no. 2, pp. 1–10, Apr. 1987, doi: 10.1177/002224298705100201.
- [8] "Comer alimentos ultraprocesados se asocia con mayor riesgo de depresión." <https://www.elindependiente.com/vida-sana/nutricion/2019/05/14/comer-alimentos-ultraprocesados-se-asocia-mayor-riesgo-depresion/> (accessed Oct. 27, 2022).
- [9] J. M. Müller, B. Pommeranz, J. Weisser, and K.-I. Voigt, "Digital, Social Media, and Mobile Marketing in industrial buying: Still in need of customer segmentation? Empirical evidence from Poland and Germany," *Industrial Marketing Management*, vol. 73, pp. 70–83, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.indmarman.2018.01.033.
- [10] N. S. Davcik and P. Sharma, "Impact of product differentiation, marketing investments and brand equity on pricing strategies," *Eur J Mark*, vol. 49, no. 5/6, pp. 760–781, May 2015, doi: 10.1108/EJM-03-2014-0150.
- [11] K. Çınar, S. Yetimoğlu, and K. Uğurlu, "The Role of Market Segmentation and Target Marketing Strategies to Increase Occupancy Rates and Sales Opportunities of Hotel Enterprises," 2020, pp. 521–528. doi: 10.1007/978-3-030-36126-6_58.
- [12] H. Li, L. Lobschat, and P. C. Verhoef, "Multichannel Retailing: A Review and Research Agenda," *Foundations and Trends® in Marketing*, vol. 12, no. 1, pp. 1–79, 2018, doi: 10.1561/17000000059.
- [13] W. Jo, J. (Jeanne) Kim, and J. Choi, "Who are the multichannel shoppers and how can retailers use them? Evidence from the French apparel industry," *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, vol. 33, no. 1, pp. 250–274, Apr. 2020, doi: 10.1108/APJML-05-2019-0317.
- [14] L. (Xuehui) Gao, I. Melero, and F. J. Sese, "Multichannel integration along the customer journey: a systematic review and research agenda," *The Service Industries Journal*, vol. 40, no. 15–16, pp. 1087–1118, Dec. 2020, doi: 10.1080/02642069.2019.1652600.
- [15] H. Min, "Exploring Omni-Channels for Customer-Centric e-Tailing," *Logistics*, vol. 5, no. 2, p. 31, May 2021, doi: 10.3390/logistics5020031.

- [16] E. Fisher and R. Lezion, "Internet and Society: Social Theory in the Information Age - by Christian Fuchs," *Journal of Communication*, vol. 59, no. 4, pp. E13–E18, Dec. 2009, doi: 10.1111/j.1460-2466.2009.01463.x.
- [17] D. Bell, "The Social Framework of the Information Society," in *The Computer Age*, The MIT Press, 1980. doi: 10.7551/mitpress/2034.003.0015.
- [18] "Cómo vender en Instagram Shopping: los posts con opción de compra llegan a España." <https://marketing4commerce.net/como-vender-en-instagram-shopping-espana/> (accessed Oct. 27, 2022).
- [19] C. de las Heras-Pedrosa, P. Sánchez-Núñez, and J. I. Peláez, "Sentiment Analysis and Emotion Understanding during the COVID-19 Pandemic in Spain and Its Impact on Digital Ecosystems," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 15, p. 5542, Jul. 2020, doi: 10.3390/ijerph17155542.
- [20] D. J. Power and G. Phillips-Wren, "Impact of Social Media and Web 2.0 on Decision-Making," *J Decis Syst*, vol. 20, no. 3, pp. 249–261, Jan. 2011, doi: 10.3166/jds.20.249-261.
- [21] N. Feamster and J. Livingood, "Measuring internet speed," *Commun ACM*, vol. 63, no. 12, pp. 72–80, Nov. 2020, doi: 10.1145/3372135.
- [22] F. A. Marinho, "Social Management and ICTs: Enhancing Democratic Direct Participation," *Biomed J Sci Tech Res*, vol. 30, no. 1, Sep. 2020, doi: 10.26717/BJSTR.2020.30.004906.
- [23] M. Reglitz, "The Human Right to Free Internet Access," *J Appl Philos*, vol. 37, no. 2, pp. 314–331, May 2020, doi: 10.1111/japp.12395.
- [24] "Cada día se generan más de 2,5 trillones de bytes de información," *ABC Tecnología*, 2014. Accessed: Oct. 27, 2022. [Online]. Available: <https://www.abc.es/tecnologia/redes/20140423/abci-trillones-byte-informacion-cada-201404222207.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- [25] "IBM: Data and AI-driven analytics." <https://www.ibm.com/analytics> (accessed Oct. 27, 2022).
- [26] D. Reinsel, J. Gantz, and J. Rydning, "Data Age 2025: The Digitization of the World. From Edge to Core," 2018.
- [27] M. H. Nguyen, J. Gruber, J. Fuchs, W. Marler, A. Hunsaker, and E. Hargittai, "Changes in Digital Communication During the COVID-19 Global Pandemic: Implications for Digital Inequality and Future Research," *Soc Media Soc*, vol. 6, no. 3, p. 205630512094825, Jul. 2020, doi: 10.1177/2056305120948255.
- [28] A. Lovari and C. Valentini, "Public Sector Communication and Social Media," in *The Handbook of Public Sector Communication*, Wiley, 2020, pp. 315–328. doi: 10.1002/9781119263203.ch21.
- [29] C. Gualberto and G. Kress, "Contemporary Landscapes of Visual and Digital Communication: The Interplay of Social, Semiotic, and Technological Change," in *The SAGE Handbook of Visual Research Methods*, 1 Oliver's Yard, 55 City Road London EC1Y 1SP: SAGE Publications, Inc., 2020, pp. 574–590. doi: 10.4135/9781526417015.n36.
- [30] Y. Tang and K. F. Hew, "Emoticon, emoji, and sticker use in computer-mediated communication: A review of theories and research findings," *Int J Commun*, vol. 13, pp. 2457–2483, 2019.
- [31] S. Bakhshi, D. A. Shamma, L. Kennedy, Y. Song, P. de Juan, and J. Kaye, "Fast, cheap, and good: Why Animated GIFs engage us," *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, pp. 575–586, 2016, doi: 10.1145/2858036.2858532.

- [32] A. Wagener, "The Postdigital Emergence of Memes and GIFs: Meaning, Discourse, and Hypernarrative Creativity," *Postdigital Science and Education*, Jul. 2020, doi: 10.1007/s42438-020-00160-1.
- [33] A. Konrad, S. C. Herring, and D. Choi, "Sticker and Emoji Use in Facebook Messenger: Implications for Graphicon Change," *Journal of Computer-Mediated Communication*, vol. 25, no. 3, pp. 217–235, May 2020, doi: 10.1093/jcmc/zmaa003.
- [34] T. Highfield and T. Leaver, "Instagrammatics and digital methods: studying visual social media, from selfies and GIFs to memes and emoji," *Communication Research and Practice*, vol. 2, no. 1, pp. 47–62, Jan. 2016, doi: 10.1080/22041451.2016.1155332.
- [35] A. E. Gonzales Sulla, "Comportamiento del consumidor y su proceso de decisión de compra. El nuevo camino del consumidor," *Gestión en el Tercer Milenio*, vol. 24, no. 48, pp. 101–111, Dec. 2021, doi: 10.15381/gtm.v24i48.21823.
- [36] P.-L. Chang and M.-H. Chieng, "Building consumer–brand relationship: A cross-cultural experiential view," *Psychol Mark*, vol. 23, no. 11, pp. 927–959, Nov. 2006, doi: 10.1002/mar.20140.
- [37] F. Zhu and X. (Michael) Zhang, "Impact of Online Consumer Reviews on Sales: The Moderating Role of Product and Consumer Characteristics," *J Mark*, vol. 74, no. 2, pp. 133–148, Mar. 2010, doi: 10.1509/jm.74.2.133.
- [38] N. D. Albers-Miller and M. Royne Stafford, "An international analysis of emotional and rational appeals in services vs goods advertising," *Journal of Consumer Marketing*, vol. 16, no. 1, pp. 42–57, Feb. 1999, doi: 10.1108/07363769910250769.
- [39] S. Park and J. L. Nicolau, "Asymmetric effects of online consumer reviews," *Ann Tour Res*, vol. 50, pp. 67–83, Jan. 2015, doi: 10.1016/j.annals.2014.10.007.
- [40] C. Morin, "Neuromarketing: The New Science of Consumer Behavior," *Society*, vol. 48, no. 2, pp. 131–135, Mar. 2011, doi: 10.1007/s12115-010-9408-1.
- [41] J. I. Peláez, F. E. Cabrera, and L. G. Vargas, "Estimating the importance of consumer purchasing criteria in digital ecosystems," *Knowl Based Syst*, vol. 162, pp. 252–264, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.knosys.2018.07.023.
- [42] D. Serra, "Decision-making: from neuroscience to neuroeconomics—an overview," *Theory Decis*, vol. 91, no. 1, pp. 1–80, Jul. 2021, doi: 10.1007/s11238-021-09830-3.
- [43] R. Barbado, O. Araque, and C. A. Iglesias, "A framework for fake review detection in online consumer electronics retailers," *Inf Process Manag*, vol. 56, no. 4, pp. 1234–1244, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.ipm.2019.03.002.
- [44] P. Sánchez-Núñez, C. de las Heras-Pedrosa, and J. I. Peláez, "Opinion Mining and Sentiment Analysis in Marketing Communications: A Science Mapping Analysis in Web of Science (1998–2018)," *Soc Sci*, vol. 9, no. 3, p. 23, Feb. 2020, doi: 10.3390/socsci9030023.
- [45] A. M. Casado and J. I. Peláez, "Intangible management monitors and tools: Reviews," *Expert Syst Appl*, vol. 41, no. 4, pp. 1509–1529, Mar. 2014, doi: 10.1016/j.eswa.2013.08.048.
- [46] G. Vaccaro, F. E. Cabrera, J. I. Peláez, and L. G. Vargas, "Comparison matrix geometric index: A qualitative online reputation metric," *Appl Soft Comput*, vol. 96, p. 106687, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.asoc.2020.106687.
- [47] J. I. Peláez, E. A. Martínez, and L. G. Vargas, "Products and services valuation through unsolicited information from social media," *Soft comput*, vol. 24, no. 3, pp. 1775–1788, Feb. 2020, doi: 10.1007/s00500-019-04005-3.

- [48] R. P. Bagozzi, M. Gopinath, and P. U. Nyer, "The Role of Emotions in Marketing," *J Acad Mark Sci*, vol. 27, no. 2, pp. 184–206, Apr. 1999, doi: 10.1177/0092070399272005.
- [49] N. Bault and E. Rusconi, "The Art of Influencing Consumer Choices: A Reflection on Recent Advances in Decision Neuroscience," *Front Psychol*, vol. 10, Jan. 2020, doi: 10.3389/fpsyg.2019.03009.
- [50] L.-A. Casado-Aranda and J. Sanchez-Fernandez, "Advances in neuroscience and marketing: analyzing tool possibilities and research opportunities," *Spanish Journal of Marketing - ESIC*, Feb. 2022, doi: 10.1108/SJME-10-2021-0196.
- [51] C.-I. Park and Y. Namkung, "The Effects of Instagram Marketing Activities on Customer-Based Brand Equity in the Coffee Industry," *Sustainability*, vol. 14, no. 3, p. 1657, Jan. 2022, doi: 10.3390/su14031657.
- [52] A.-K. Kleih and K. Sparke, "Visual marketing: The importance and consumer recognition of fruit brands in supermarket fruit displays," *Food Qual Prefer*, vol. 93, p. 104263, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.foodqual.2021.104263.
- [53] L. F. Garcés Giraldo and C. de J. Giraldo Zuluaga, "Emociones en Aristóteles: facultades anímicas en la formación de las opiniones y de los juicios," *Sophia*, vol. 14, no. 1, pp. 75–86, Apr. 2018, doi: 10.18634/sophiaj.14v.1i.826.
- [54] C. Darwin, *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. Cambridge University Press, 2013. doi: 10.1017/CBO9781139833813.
- [55] R. Nielek, M. Ciastek, and W. Kopeć, "Emotions make cities live," in *Proceedings of the International Conference on Web Intelligence*, Aug. 2017, pp. 1076–1079. doi: 10.1145/3106426.3109041.
- [56] R. PLUTCHIK, "A GENERAL PSYCHOEVOLUTIONARY THEORY OF EMOTION," in *Theories of Emotion*, Elsevier, 1980, pp. 3–33. doi: 10.1016/B978-0-12-558701-3.50007-7.
- [57] R. Plutchik, "The circumplex as a general model of the structure of emotions and personality," in *Circumplex models of personality and emotions*, Washington: American Psychological Association, pp. 17–45. doi: 10.1037/10261-001.
- [58] J. Pimentel, "Teorías de la luz y el color en la época de las Luces. De Newton a Goethe," *Arbor*, vol. 191, no. 775, p. a264, Oct. 2015, doi: 10.3989/arbor.2015.775n5003.
- [59] D. Grandy, "Goethe on Color and Light," *Journal of Interdisciplinary Studies*, vol. 17, no. 1, pp. 26–44, 2005, doi: 10.5840/jis2005171/22.
- [60] J. A. Franco Taboada, "De la teoría de los colores de Goethe a la interacción del color de Albers," *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, vol. 20, no. 25, p. 48, Jun. 2015, doi: 10.4995/ega.2015.3703.
- [61] P. Ekman and W. v. Friesen, "Constants across cultures in the face and emotion," *J Pers Soc Psychol*, vol. 17, no. 2, pp. 124–129, 1971, doi: 10.1037/h0030377.
- [62] P. Ekman, "An argument for basic emotions," *Cogn Emot*, vol. 6, no. 3–4, pp. 169–200, May 1992, doi: 10.1080/02699939208411068.
- [63] P. Ekman, "Emotions revealed," *BMJ*, vol. 328, no. Suppl S5, p. 0405184, May 2004, doi: 10.1136/sbmj.0405184.

- [64] A. S. Cowen and D. Keltner, "Self-report captures 27 distinct categories of emotion bridged by continuous gradients," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, no. 38, Sep. 2017, doi: 10.1073/pnas.1702247114.
- [65] C. Spence, "Neuroscience-Inspired Design: From Academic Neuromarketing to Commercially Relevant Research," *Organ Res Methods*, vol. 22, no. 1, pp. 275–298, Jan. 2019, doi: 10.1177/1094428116672003.
- [66] R. B. Silberstein and G. E. Nield, "Brain activity correlates of consumer brand choice shift associated with television advertising," *Int J Advert*, vol. 27, no. 3, pp. 359–380, Jan. 2008, doi: 10.2501/S0265048708080025.
- [67] T. Ambler, A. Ioannides, and S. Rose, "Brands on the Brain: Neuro-Images of Advertising," *Business Strategy Review*, vol. 11, no. 3, pp. 17–30, Sep. 2000, doi: 10.1111/1467-8616.00144.
- [68] A. H. Alsharif *et al.*, "Neuroimaging Techniques in Advertising Research: Main Applications, Development, and Brain Regions and Processes," *Sustainability*, vol. 13, no. 11, p. 6488, Jun. 2021, doi: 10.3390/su13116488.
- [69] L. Robaina-Calderín and J. D. Martín-Santana, "A review of research on neuromarketing using content analysis: key approaches and new avenues," *Cogn Neurodyn*, vol. 15, no. 6, pp. 923–938, Dec. 2021, doi: 10.1007/s11571-021-09693-y.
- [70] G. Vecchiato, P. Cherubino, A. Trettel, and F. Babiloni, *Neuroelectrical Brain Imaging Tools for the Study of the Efficacy of TV Advertising Stimuli and their Application to Neuromarketing*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. doi: 10.1007/978-3-642-38064-8.
- [71] N. Hanna, J. Wagle, and A. H. Kizilbash, "BRAIN DOMINANCE AND THE INTERPRETATION OF ADVERTISING MESSAGES," *International Journal of Commerce and Management*, vol. 9, no. 3/4, pp. 19–32, Mar. 1999, doi: 10.1108/eb047387.
- [72] A. H. Alsharif, N. Z. Md Salleh, and R. Baharun, "Neuromarketing: The popularity of the brain-imaging and physiological tools," *Neuroscience Research Notes*, vol. 3, no. 5, pp. 13–22, Sep. 2021, doi: 10.31117/neuroscirn.v3i5.80.
- [73] F. S. Rawnaque *et al.*, "Technological advancements and opportunities in Neuromarketing: a systematic review," *Brain Inform*, vol. 7, no. 1, p. 10, Dec. 2020, doi: 10.1186/s40708-020-00109-x.
- [74] A. H. Alsharif, N. Z. Md Salleh, and R. Baharun, "Neuromarketing: Marketing research in the new millennium," *Neuroscience Research Notes*, vol. 4, no. 3, pp. 27–35, Sep. 2021, doi: 10.31117/neuroscirn.v4i3.79.
- [75] D. v. Kumar, "Understanding the Complex Patterns of Students' Reaction to the First Exposure of Cadaver Using Triune Brain Model," *Med Sci Educ*, vol. 28, no. 4, pp. 805–806, Dec. 2018, doi: 10.1007/s40670-018-0601-y.
- [76] A. Eppel, "Understanding and Recognizing Emotion," in *Short-Term Psychodynamic Psychotherapy*, Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 47–70. doi: 10.1007/978-3-319-74995-2_3.
- [77] M. Fetscherin, "The determinants and measurement of a country brand: the country brand strength index," *International Marketing Review*, vol. 27, no. 4, pp. 466–479, Jul. 2010, doi: 10.1108/02651331011058617.
- [78] Y. Fan, "Branding the nation: What is being branded?," *Journal of Vacation Marketing*, vol. 12, no. 1, pp. 5–14, Jan. 2006, doi: 10.1177/1356766706056633.

- [79] B. Schmitt, "The consumer psychology of brands," *Journal of Consumer Psychology*, vol. 22, no. 1, pp. 7–17, Jan. 2012, doi: 10.1016/j.jcps.2011.09.005.
- [80] R. Pieters and M. Wedel, "Attention Capture and Transfer in Advertising: Brand, Pictorial, and Text-Size Effects," *J Mark*, vol. 68, no. 2, pp. 36–50, 2004, doi: 10.1509/jmkg.68.2.36.27794.
- [81] M. Mayrhofer, J. Matthes, S. Einwiller, and B. Naderer, "User generated content presenting brands on social media increases young adults' purchase intention," *Int J Advert*, vol. 39, no. 1, pp. 166–186, Jan. 2020, doi: 10.1080/02650487.2019.1596447.
- [82] P. P. Iglesias-Sánchez, M. B. Correia, C. Jambrino-Maldonado, and C. de las Heras-Pedrosa, "Instagram as a Co-Creation Space for Tourist Destination Image-Building: Algarve and Costa del Sol Case Studies," *Sustainability*, vol. 12, no. 7, p. 2793, Apr. 2020, doi: 10.3390/su12072793.
- [83] A. González Bengoechea, "El impacto del uso de la imagen en la cuenta de Twitter de CSIC," *Revista ICONO14 Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes*, vol. 18, no. 1, pp. 205–230, Jan. 2020, doi: 10.7195/ri14.v18i1.1273.
- [84] J. Ge and U. Gretzel, "Social Media-Based Visual Strategies in Tourism Marketing," *International Journal of Semiotics and Visual Rhetoric*, vol. 2, no. 2, pp. 23–40, Jul. 2018, doi: 10.4018/IJSVR.2018070102.
- [85] P. Sanchez-Nunez, M. J. Cobo, C. de las Heras-Pedrosa, J. I. Pelaez, and E. Herrera-Viedma, "Opinion Mining, Sentiment Analysis and Emotion Understanding in Advertising: A Bibliometric Analysis," *IEEE Access*, pp. 1–1, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3009482.
- [86] C. de las Heras-Pedrosa, P. Sánchez-Núñez, and J. I. Peláez, "Sentiment Analysis and Emotion Understanding during the COVID-19 Pandemic in Spain and Its Impact on Digital Ecosystems," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 15, p. 5542, Jul. 2020, doi: 10.3390/ijerph17155542.
- [87] J. Zhang, Z. Yin, P. Chen, and S. Nichele, "Emotion recognition using multi-modal data and machine learning techniques: A tutorial and review," *Information Fusion*, vol. 59, pp. 103–126, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.inffus.2020.01.011.
- [88] S. Al-Juboori, I.-H. Mkwawa, Lingfen Sun, and E. Ifeachor, "Modeling the relationships between changes in EEG features and subjective quality of HDR images," in *Advances in Telemedicine for Health Monitoring: Technologies, Design and Applications*, Institution of Engineering and Technology, 2020, pp. 213–237. doi: 10.1049/PBHE023E_ch11.
- [89] S. Brown, X. Gao, L. Tisdelle, S. B. Eickhoff, and M. Liotti, "Naturalizing aesthetics: Brain areas for aesthetic appraisal across sensory modalities," *Neuroimage*, vol. 58, no. 1, pp. 250–258, Sep. 2011, doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.06.012.
- [90] R. Arnheim, *Art and Visual Perception: A Psychology of the Creative Eye*, November 2. University of California Press, 2004.
- [91] M. Blanco-Pérez, "Cine, fotografía y arquitectura: la composición simétrica y la noción de arquitecturización en la obra de Wes Anderson. Antecedentes visuales de la película La crónica francesa," *Arte, Individuo y Sociedad*, vol. 34, no. 4, pp. 1407–1426, Jun. 2022, doi: 10.5209/aris.78848.
- [92] J. MacDowell, "Wes Anderson, tone and the quirky sensibility," *New Review of Film and Television Studies*, vol. 10, no. 1, pp. 6–27, Mar. 2012, doi: 10.1080/17400309.2012.628227.
- [93] Z. O'Connor, "Colour, contrast and gestalt theories of perception: The impact in contemporary visual communications design," *Color Res Appl*, vol. 40, no. 1, pp. 85–92, Feb. 2015, doi: 10.1002/col.21858.

- [94] Ricardo Rosado, "LAS 10 CLAVES DEL CINE DE WES ANDERSON PARA SUMERGIRSE EN SU CINE." <https://www.fotogramas.es/noticias-cine/g19464548/wes-anderson-claves-filmografia/> (accessed Oct. 27, 2022).
- [95] G. Vaccaro, F. E. Cabrera, J. I. Peláez, and L. G. Vargas, "Comparison matrix geometric index: A qualitative online reputation metric," *Appl Soft Comput*, vol. 96, p. 106687, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.asoc.2020.106687.
- [96] J. I. Peláez, E. A. Martínez, and L. G. Vargas, "Products and services valuation through unsolicited information from social media," *Soft comput*, vol. 24, no. 3, pp. 1775–1788, Feb. 2020, doi: 10.1007/s00500-019-04005-3.
- [97] J. I. Peláez, E. A. Martínez, and L. G. Vargas, "Decision making in social media with consistent data," *Knowl Based Syst*, vol. 172, pp. 33–41, May 2019, doi: 10.1016/j.knsys.2019.02.009.
- [98] Y. Bashirzadeh, R. Mai, and C. Faure, "How rich is too rich? Visual design elements in digital marketing communications," *International Journal of Research in Marketing*, vol. 39, no. 1, pp. 58–76, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.ijresmar.2021.06.008.
- [99] M. A. Martínez, M. Herrera, J. López-Gijón, and E. Herrera-Viedma, "H-Classics: characterizing the concept of citation classics through H-index," *Scientometrics*, vol. 98, no. 3, pp. 1971–1983, Mar. 2014, doi: 10.1007/s11192-013-1155-9.
- [100] R. Sooryamoorthy, *Scientometrics for the Humanities and Social Sciences*. Routledge, 2020. doi: 10.4324/9781003110415.
- [101] L. Björneborn and P. Ingwersen, "Toward a basic framework for webometrics," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 55, no. 14, pp. 1216–1227, Dec. 2004, doi: 10.1002/asi.20077.
- [102] M. C. Kim and Y. Zhu, "Scientometrics of Scientometrics: Mapping Historical Footprint and Emerging Technologies in Scientometrics," in *Scientometrics*, InTech, 2018. doi: 10.5772/intechopen.77951.
- [103] D. Goldenberg, "Scientometrics and its positive consequences," *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica (RBCP) – Brazilian Journal of Plastic Surgery*, vol. 32, no. 4, pp. 471–471, 2017, doi: 10.5935/2177-1235.2017RBCP0077.
- [104] A. N. Khokhlov, "How Scientometrics Became the Most Important Science for Researchers of All Specialties," *Moscow Univ Biol Sci Bull*, vol. 75, no. 4, pp. 159–163, Oct. 2020, doi: 10.3103/S0096392520040057.
- [105] L. Bornmann and L. Leydesdorff, "Scientometrics in a changing research landscape," *EMBO Rep*, vol. 15, no. 12, pp. 1228–1232, Dec. 2014, doi: 10.15252/embr.201439608.
- [106] J. Mingers and L. Leydesdorff, "A review of theory and practice in scientometrics," *Eur J Oper Res*, vol. 246, no. 1, pp. 1–19, Oct. 2015, doi: 10.1016/j.ejor.2015.04.002.
- [107] C. Daraio and W. Glänzel, Eds., *Evaluative Informetrics: The Art of Metrics-Based Research Assessment*. Cham: Springer International Publishing, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-47665-6.
- [108] G. v. Tcheslavski, M. Vasefi, and F. F. Gonen, "Response of a human visual system to continuous color variation: An EEG-based approach," *Biomed Signal Process Control*, vol. 43, pp. 130–137, May 2018, doi: 10.1016/j.bspc.2018.03.001.
- [109] A. D. J. Makin, M. M. Wilton, A. Pecchinenda, and M. Bertamini, "Symmetry perception and affective responses: A combined EEG/EMG study," *Neuropsychologia*, vol. 50, no. 14, pp. 3250–3261, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2012.10.003.

- [110] Mayo Foundation for Medical Education and Research (MFMER), “EEG (electroencefalograma),” 2022. <https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/eeeg/about/pac-20393875> (accessed Mar. 02, 2022).
- [111] D. Onita, L. P. Dinu, and B. Adriana, “From Image to Text in Sentiment Analysis via Regression and Deep Learning,” in *Proceedings - Natural Language Processing in a Deep Learning World*, Oct. 2019, vol. 2019-Septe, pp. 862–868. doi: 10.26615/978-954-452-056-4_100.
- [112] W. Pedrycz and S.-M. Chen, Eds., *Sentiment Analysis and Ontology Engineering*, vol. 639. Cham: Springer International Publishing, 2016. doi: 10.1007/978-3-319-30319-2.
- [113] N. Maroto García and A. Alcina, “Formal description of conceptual relationships with a view to implementing them in the ontology editor *Protégé*,” *Terminology. International Journal of Theoretical and Applied Issues in Specialized Communication*, vol. 15, no. 2, pp. 232–257, Nov. 2009, doi: 10.1075/term.15.2.04mar.
- [114] J. T. E. Timm and G. C. Gannod, “A model-driven approach for specifying semantic Web services,” in *IEEE International Conference on Web Services (ICWS’05)*, 2005, pp. 313–320 vol.1. doi: 10.1109/ICWS.2005.9.
- [115] F. Gullà, L. Cavalieri, S. Ceccacci, A. Papetti, and M. Germani, “The User-Product Ontology: A New Approach to Define an Ontological Model to Manage Product Searching Based on User Needs,” 2017, pp. 333–346. doi: 10.1007/978-3-319-58521-5_27.
- [116] “AIGA-The Professional Association for Design.” <https://www.aiga.org/> (accessed May 12, 2022).
- [117] T. M. Fajardo, J. Zhang, and M. Tsiros, “The Contingent Nature of the Symbolic Associations of Visual Design Elements: The Case of Brand Logo Frames,” *Journal of Consumer Research*, vol. 43, no. 4, pp. 549–566, Dec. 2016, doi: 10.1093/jcr/ucw048.
- [118] B. E. Kahn, “Using Visual Design to Improve Customer Perceptions of Online Assortments,” *Journal of Retailing*, vol. 93, no. 1, pp. 29–42, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.jretai.2016.11.004.
- [119] G. Kress and T. van Leeuwen, *Reading Images*. Third edition. | London; New York: Routledge, 2021.: Routledge, 2020. doi: 10.4324/9781003099857.
- [120] M. A. Kimball, “Visual Design Principles: An Empirical Study of Design Lore,” *Journal of Technical Writing and Communication*, vol. 43, no. 1, pp. 3–41, Jan. 2013, doi: 10.2190/TW.43.1.b.
- [121] S. P. Connors, “Toward a Shared Vocabulary for Visual Analysis: An Analytic Toolkit for Deconstructing the Visual Design of Graphic Novels,” *Journal of Visual Literacy*, vol. 31, no. 1, pp. 71–92, Jan. 2012, doi: 10.1080/23796529.2012.11674695.
- [122] D. A. Dillman, A. Gertseva, and T. Mahon-haft, “Achieving Usability in Establishment Surveys Through the Application of Visual Design Principles,” *J Off Stat*, vol. 21, no. 2, pp. 183–214, 2005.
- [123] P. J. Locher, P. Jan Stappers, and K. Overbeeke, “The role of balance as an organizing design principle underlying adults’ compositional strategies for creating visual displays,” *Acta Psychol (Amst)*, vol. 99, no. 2, pp. 141–161, Jul. 1998, doi: 10.1016/S0001-6918(98)00008-0.
- [124] K. Hepworth, “History, power and visual communication artefacts,” *Rethink Hist*, vol. 20, no. 2, pp. 280–302, Apr. 2016, doi: 10.1080/13642529.2014.932079.
- [125] L. Gries, “Advances in Visual Rhetorical Analysis,” in *The SAGE Handbook of Visual Research Methods*, 1 Oliver’s Yard, 55 City Road London EC1Y 1SP : SAGE Publications, Inc., 2020, pp. 381–396. doi: 10.4135/9781526417015.n24.

- [126] R. Graff, "Reading and the 'written style'; in Aristotle's *rhetoric*," *Rhetor Soc Q*, vol. 31, no. 4, pp. 19–44, Sep. 2001, doi: 10.1080/02773940109391213.
- [127] R. de Andrade Martins and C. C. Silva, "Newton and Colour: the Complex Interplay of Theory and Experiment," in *Science Education and Culture*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2001, pp. 273–291. doi: 10.1007/978-94-010-0730-6_18.
- [128] J. Pimentel, "Teorías de la luz y el color en la época de las Luces. De Newton a Goethe," *Arbor*, vol. 191, no. 775, p. a264, Oct. 2015, doi: 10.3989/arbor.2015.775n5003.
- [129] N. Harkness, "The colour wheels of art, perception, science and physiology," *Opt Laser Technol*, vol. 38, no. 4–6, pp. 219–229, Jun. 2006, doi: 10.1016/j.optlastec.2005.06.010.
- [130] Z. O'Connor, "Colour, contrast and gestalt theories of perception: The impact in contemporary visual communications design," *Color Res Appl*, vol. 40, no. 1, pp. 85–92, Feb. 2015, doi: 10.1002/col.21858.
- [131] G. Baruchello, "A classification of classics. Gestalt psychology and the tropes of rhetoric," *New Ideas Psychol*, vol. 36, pp. 10–24, Jan. 2015, doi: 10.1016/j.newideapsych.2014.06.005.
- [132] S. Bell, *Elements of Visual Design in the Landscape*. Third edition. | Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, NY : Routledge; Routledge, 2019. doi: 10.4324/9780367809935.
- [133] A. Koschmider, K. Figl, and A. Schoknecht, "A Comprehensive Overview of Visual Design of Process Model Element Labels," 2016, pp. 571–582. doi: 10.1007/978-3-319-42887-1_46.
- [134] D. Robins, J. Holmes, and M. Stansbury, "Consumer health information on the Web: The relationship of visual design and perceptions of credibility," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 61, no. 1, pp. 13–29, Jan. 2010, doi: 10.1002/asi.21224.
- [135] J. D. Smyth, D. A. Dillman, L. M. Christian, and M. J. Stern, "Effects of using visual design principles to group response options in web surveys," *International Journal of Internet Science*, vol. 1, no. 1, pp. 6–16, 2006, [Online]. Available: http://www.doaj.org/doi?func=abstract&id=245390%5Cnhttp://www.psychologie.uzh.ch/sowi/reips/ijis/ijis1_1/ijis1_1_smyth.pdf%5Cnhttp://www.ijis.net/ijis1_1/ijis1_1_smyth.pdf
- [136] H.-T. Yeh and Y.-C. Cheng, "The influence of the instruction of visual design principles on improving pre-service teachers' visual literacy," *Comput Educ*, vol. 54, no. 1, pp. 244–252, Jan. 2010, doi: 10.1016/j.compedu.2009.08.008.
- [137] G. Numanoglu and S. Bayir, "Evaluation of information and communication technology textbooks according to principles of visual design," *Procedia Soc Behav Sci*, vol. 1, no. 1, pp. 2140–2144, 2009, doi: 10.1016/j.sbspro.2009.01.375.
- [138] A. Shaouf, K. Lü, and X. Li, "The effect of web advertising visual design on online purchase intention: An examination across gender," *Comput Human Behav*, vol. 60, pp. 622–634, Jul. 2016, doi: 10.1016/j.chb.2016.02.090.
- [139] Y. Bashirzadeh, R. Mai, and C. Faure, "How rich is too rich? Visual design elements in digital marketing communications," *International Journal of Research in Marketing*, vol. 39, no. 1, pp. 58–76, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.ijresmar.2021.06.008.
- [140] E. Pei, I. Campbell, and M. Evans, "A Taxonomic Classification of Visual Design Representations Used by Industrial Designers and Engineering Designers," *The Design Journal*, vol. 14, no. 1, pp. 64–91, Mar. 2011, doi: 10.2752/175630610X12877385838803.

- [141] C. Gong, "Human-Machine Interface: Design Principles of Visual Information in Human-Machine Interface Design," in *2009 International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, 2009, pp. 262–265. doi: 10.1109/IHMSC.2009.189.
- [142] D. Grant-Smith, T. Donnet, J. Macaulay, and R. Chapman, "Principles and Practices for Enhanced Visual Design in Virtual Learning Environments," pp. 103–133. doi: 10.4018/978-1-5225-5769-2.ch005.
- [143] F. E. Cabrera, P. Sánchez-Núñez, G. Vaccaro, J. I. Peláez, and J. Escudero, "Impact of Visual Design Elements and Principles in Human Electroencephalogram Brain Activity Assessed with Spectral Methods and Convolutional Neural Networks," *Sensors*, vol. 21, no. 14, p. 4695, Jul. 2021, doi: 10.3390/s21144695.
- [144] S. Lepreux, J. Vanderdonckt, and B. Michotte, "Visual Design of User Interfaces by (De)composition," in *Interactive Systems. Design, Specification, and Verification*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 157–170. doi: 10.1007/978-3-540-69554-7_13.
- [145] R. Sánchez-Jiménez and B. Gil-Urdiciain, "Lenguajes documentales y ontologías," *El Profesional de la Información*, vol. 16, no. 6, pp. 551–560, Jan. 2007, doi: 10.3145/epi.2007.nov.02.
- [146] J. A. Senso, A. A. Leiva-Mederos, and S. E. Domínguez-Velasco, "Modelo para la evaluación de ontologías. Aplicación en Onto-Satcol," *Revista española de Documentación Científica*, vol. 34, no. 3, pp. 334–356, Sep. 2011, doi: 10.3989/redc.2011.3.788.
- [147] N. Guarino, D. Oberle, and S. Staab, "What Is an Ontology?," in *Handbook on Ontologies*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 1–17. doi: 10.1007/978-3-540-92673-3_0.
- [148] C. E. Kuziemyky and F. Lau, "A four stage approach for ontology-based health information system design," *Artif Intell Med*, vol. 50, no. 3, pp. 133–148, Nov. 2010, doi: 10.1016/j.artimed.2010.04.012.
- [149] P. Křemen and Z. Kouba, "Ontology-Driven Information System Design," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, vol. 42, no. 3, pp. 334–344, May 2012, doi: 10.1109/TSMCC.2011.2163934.
- [150] D. Vrandečić, "Ontology Evaluation," in *Handbook on Ontologies*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 293–313. doi: 10.1007/978-3-540-92673-3_13.
- [151] Y. I. Daradkeh and I. Tvoroshenko, "Application of an Improved Formal Model of the Hybrid Development of Ontologies in Complex Information Systems," *Applied Sciences*, vol. 10, no. 19, p. 6777, Sep. 2020, doi: 10.3390/app10196777.
- [152] V. R. Sampath Kumar *et al.*, "Ontologies for Industry 4.0," *Knowl Eng Rev*, vol. 34, p. e17, Nov. 2019, doi: 10.1017/S0269888919000109.
- [153] S. Xu, J. Wang, W. Shou, T. Ngo, A.-M. Sadick, and X. Wang, "Computer Vision Techniques in Construction: A Critical Review," *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 28, no. 5, pp. 3383–3397, Aug. 2021, doi: 10.1007/s11831-020-09504-3.
- [154] Y. Bo, J. Yu, and K. Zhang, "Computational aesthetics and applications," *Vis Comput Ind Biomed Art*, vol. 1, no. 1, p. 6, Dec. 2018, doi: 10.1186/s42492-018-0006-1.
- [155] L. Mirocha, "Communication Models, Aesthetics and Ontology of the Computational Age Revealed," in *Postdigital Aesthetics*, London: Palgrave Macmillan UK, 2015, pp. 58–71. doi: 10.1057/9781137437204_5.

- [156] R. Hernández-Ramírez, “Towards an Ontology of Computational Technologies as Tools for Aesthetic Creation,” *Journal of Science and Technology of the Arts*, vol. 7, no. 1, p. 7, Nov. 2015, doi: 10.7559/citarj.v7i1.146.
- [157] M. Fernández, A. Gómez-Pérez, and N. Juristo, “METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering,” 1997. [Online]. Available: www.aaai.org
- [158] O. Corcho, M. Fernández-López, A. Gómez-Pérez, and A. López-Cima, “Building Legal Ontologies with METHONTOLOGY and WebODE,” 2005, pp. 142–157. doi: 10.1007/978-3-540-32253-5_9.
- [159] M. F. Lopez, A. Gomez-Perez, J. P. Sierra, and A. P. Sierra, “Building a chemical ontology using Methontology and the Ontology Design Environment,” *IEEE Intell Syst*, vol. 14, no. 1, pp. 37–46, Jan. 1999, doi: 10.1109/5254.747904.
- [160] S. Mustaffa, R. Z. Ishak, and D. Lukose, “Ontology Model for Herbal Medicine Knowledge Repository,” 2012, pp. 293–302. doi: 10.1007/978-3-642-32826-8_30.
- [161] G. Antoniou and F. van Harmelen, “Web Ontology Language: OWL,” in *Handbook on Ontologies*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004, pp. 67–92. doi: 10.1007/978-3-540-24750-0_4.
- [162] M. A. Musen, “The protégé project,” *AI Matters*, vol. 1, no. 4, pp. 4–12, Jun. 2015, doi: 10.1145/2557001.25757003.
- [163] S. U. S. of M. Stanford Center for Biomedical Informatics Research (BMIR), “Protégé.” <https://protege.stanford.edu/> (accessed Sep. 04, 2020).
- [164] J. H. Gennari *et al.*, “The evolution of Protégé: an environment for knowledge-based systems development,” *Int J Hum Comput Stud*, vol. 58, no. 1, pp. 89–123, Jan. 2003, doi: 10.1016/S1071-5819(02)00127-1.
- [165] A. Abu-Hanna, R. Cornet, N. de Keizer, M. Crubézy, and S. Tu, “protégé as a vehicle for developing medical terminological systems,” *Int J Hum Comput Stud*, vol. 62, no. 5, pp. 639–663, May 2005, doi: 10.1016/j.ijhcs.2005.02.005.
- [166] N. Manickasankari, “Ontology based Semantic Web Technologies in E-learning Environment using Protégé,” *Indian J Sci Technol*, vol. 7, no. is6, pp. 64–67, Aug. 2014, doi: 10.17485/ijst/2014/v7sp6.17.
- [167] M. Komesli, T. Ercan, and G. Özdemir, “OWL Ontology Development for Destination Marketing,” 2011, pp. 126–136. doi: 10.1007/978-3-642-24731-6_12.
- [168] L. ping Shen and R. min Shen, “Ontology-based learning content recommendation,” *Int J Contin Eng Educ Life Long Learn*, vol. 15, no. 3/4/5/6, p. 308, 2005, doi: 10.1504/IJCEELL.2005.007719.
- [169] Z. Zakaria, S. Kasim, N. Husna Mohamad Hasbullah, A. Alyani Azadin, A. Saleh Ahmar, and R. Hidayat, “The Development of Personality Ontology Based on the Methontology Approach,” *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, no. 2.5, p. 73, Mar. 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i2.5.13955.
- [170] A. Karp and J. Itten, “The Elements of Color,” *Leonardo*, vol. 5, no. 2, p. 180, 1972, doi: 10.2307/1572567.
- [171] J. Albers, *The Interaction of Color*. Yale University Press, 1963.

- [172] P. Csillag, "The visual communication impacts of Itten's color contrasts investigated and empirically tested as basic principles for use in art and design," *Color Res Appl*, vol. 47, no. 4, pp. 841–854, Aug. 2022, doi: 10.1002/col.22778.
- [173] D. A. Dondis, *A Primer of Visual Literacy*. The MIT Press, 1973.
- [174] C. Leborg, *Visual Grammar*. Princeton Architectural Press, 2006.
- [175] K. Malloy, *The Art of Theatrical Design*. Routledge, 2014. doi: 10.4324/9781315777702.
- [176] J. L. CAIVANO, "Visual texture as a semiotic system," *Semiotica*, vol. 80, no. 3–4, 1990, doi: 10.1515/semi.1990.80.3-4.239.
- [177] E. Djonov and T. van Leeuwen, "The semiotics of texture: from tactile to visual," *Visual Communication*, vol. 10, no. 4, pp. 541–564, Nov. 2011, doi: 10.1177/1470357211415786.
- [178] R. Carter, "Teaching Visual Design Principles for Computer Science Students," *Computer Science Education*, vol. 13, no. 1, pp. 67–90, Jan. 2003, doi: 10.1076/csed.13.1.67.13538.
- [179] M. Agrawala, W. Li, and F. Berthouzoz, "Design principles for visual communication," *Commun ACM*, vol. 54, no. 4, pp. 60–69, Apr. 2011, doi: 10.1145/1924421.1924439.
- [180] J. Frascara, *Communication design: principles, methods, and practice*. New York: Allworth Press, 2004.
- [181] S. Bell, *Elements of Visual Design in the Landscape*. Third edition. | Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, NY : Routledge; Routledge, 2019. doi: 10.4324/9780367809935.
- [182] E. E. C. Josephine, "The study of geometric forms, proportion and scale of heritage buildings due to architectural theory," *IPTEK Journal of Proceedings Series*, vol. 0, no. 3, Aug. 2017, doi: 10.12962/j23546026.y2017i3.2455.
- [183] J. G. Snodgrass and B. McCullough, "The role of visual similarity in picture categorization.," *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, vol. 12, no. 1, pp. 147–154, 1986, doi: 10.1037/0278-7393.12.1.147.
- [184] G. Guizzardi, "Ontology-Based Evaluation and Design of Visual Conceptual Modeling Languages," in *Domain Engineering*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 317–347. doi: 10.1007/978-3-642-36654-3_13.
- [185] D. Sacha, M. Kraus, D. A. Keim, and M. Chen, "VIS4ML: An Ontology for Visual Analytics Assisted Machine Learning," *IEEE Trans Vis Comput Graph*, vol. 25, no. 1, pp. 385–395, Jan. 2019, doi: 10.1109/TVCG.2018.2864838.
- [186] B. Carrion, T. Onorati, P. Díaz, and V. Triga, "A taxonomy generation tool for semantic visual analysis of large corpus of documents," *Multimed Tools Appl*, vol. 78, no. 23, pp. 32919–32937, Dec. 2019, doi: 10.1007/s11042-019-07880-y.
- [187] Á. Sicilia, G. Nemirovski, and A. Nolle, "Map-On: A web-based editor for visual ontology mapping," *Semant Web*, vol. 8, no. 6, pp. 969–980, Aug. 2017, doi: 10.3233/SW-160246.
- [188] H. Z. Song, K. A. L. Khamis, and X. Z. Song, "Ontology Design in Visual Stock Information System," *Adv Mat Res*, vol. 225–226, pp. 771–775, Apr. 2011, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.225-226.771.
- [189] U. Akdemir, P. Turaga, and R. Chellappa, "An ontology based approach for activity recognition from video," in *Proceeding of the 16th ACM international conference on Multimedia - MM '08*, 2008, p. 709. doi: 10.1145/1459359.1459466.

- [190] D. Borth, R. Ji, T. Chen, T. Breuel, and S.-F. Chang, “Large-scale visual sentiment ontology and detectors using adjective noun pairs,” in *Proceedings of the 21st ACM international conference on Multimedia*, Oct. 2013, pp. 223–232. doi: 10.1145/2502081.2502282.
- [191] “DALL·E 2.” <https://openai.com/dall-e-2/> (accessed Oct. 29, 2022).
- [192] J. N. Kather, N. Ghaffari Laleh, S. Foersch, and D. Truhn, “Medical domain knowledge in domain-agnostic generative AI,” *NPJ Digit Med*, vol. 5, no. 1, p. 90, Dec. 2022, doi: 10.1038/s41746-022-00634-5.
- [193] J. Cao, P. Qi, Q. Sheng, T. Yang, J. Guo, and J. Li, “Exploring the Role of Visual Content in Fake News Detection,” 2020, pp. 141–161. doi: 10.1007/978-3-030-42699-6_8.
- [194] S. Koelstra *et al.*, “DEAP: A Database for Emotion Analysis ;Using Physiological Signals,” *IEEE Trans Affect Comput*, vol. 3, no. 1, pp. 18–31, Jan. 2012, doi: 10.1109/T-AFFC.2011.15.
- [195] S. Wang, Y. Zhu, G. Wu, and Q. Ji, “Hybrid video emotional tagging using users’ EEG and video content,” *Multimed Tools Appl*, vol. 72, no. 2, pp. 1257–1283, Sep. 2014, doi: 10.1007/s11042-013-1450-8.