



DOCUMENTO

NEUROCOMPUTACIÓN

ENTENDIENDO LA MENTE Y AVANZANDO EN LA IA
MEDIANTE LA COMBINACIÓN DE NEUROCIENCIA Y
COMPUTACIÓN

ENERO DE 2024

Neurocomputación: Entendiendo la mente y avanzando en la IA mediante la combinación de neurociencia y computación

(Enero 2024)

Contenido

Introducción.....	2
Principios de la Neurocomputación.....	3
Ventajas de la Neurocomputación.....	4
Aplicaciones de la Neurocomputación.....	5
Desafíos y futuro de la Neurocomputación	8
Dimensión del mercado económico	9
Glosario.....	11
Agradecimientos.....	13
Sobre AMETIC	13

Introducción

La neurocomputación, también conocida como computación neuromórfica, es una **disciplina interdisciplinaria** que combina la neurociencia, la ingeniería y la informática para diseñar y desarrollar sistemas de procesamiento de información inspirados en el funcionamiento del cerebro humano.

Utiliza modelos neuronales para emular la estructura y el comportamiento del sistema nervioso y las redes neuronales del cerebro. Estos sistemas **utilizan redes neuronales artificiales altamente especializadas** y paralelamente distribuidas para realizar tareas complejas de manera eficiente y escalable.

La neurocomputación se diferencia de la computación clásica en que los sistemas neuromórficos pueden aprender, adaptarse y mejorar continuamente su desempeño, imitando así la plasticidad cerebral. Se inspira en el funcionamiento del cerebro humano para desarrollar sistemas informáticos altamente eficientes y adaptativos.

El objetivo principal de la neurocomputación es **diseñar sistemas que puedan procesar y aprender información de manera similar a como lo hace el cerebro humano.**

La neurocomputación contribuye al desarrollo en diversos ámbitos teóricos destinadas a lograr una mayor comprensión de las redes neuronales y los sistemas de aprendizaje, incluidas, entre otras, arquitecturas, métodos de aprendizaje, análisis de la dinámica de redes, teorías del aprendizaje, autoorganización, modelado de redes neuronales biológicas, transformaciones sensoriomotoras e interdisciplinarias. temas con inteligencia artificial, vida artificial, ciencia cognitiva, teoría del aprendizaje computacional, lógica difusa, algoritmos genéticos, teoría de la información, aprendizaje automático, neurobiología y reconocimiento de patrones.

La neurocomputación cubre aspectos prácticos con contribuciones sobre avances en entornos de desarrollo de hardware y software para neurocomputación, incluyendo, entornos de software de simulación, arquitecturas de hardware de emulación, modelos de computación concurrente, neurocomputadoras y neurochips (digitales, analógicos, ópticos y biodispositivos).

La neurocomputación tiene aplicación en diferentes campos, incluidos, entre otros, procesamiento de señales, procesamiento de voz, procesamiento de imágenes, visión por computadora, control, robótica, optimización, programación, asignación de recursos y previsión financiera.

Principios de la Neurocomputación.

La neurocomputación se basa en los siguientes principios clave:

❑ Redes neuronales artificiales

Modelos matemáticos y computacionales que imitan la función de las neuronas biológicas y su interconexión en el cerebro. Estas redes se organizan en capas y se utilizan para aprender patrones complejos y realizar tareas específicas, como reconocimiento de patrones, clasificación, predicción y más.

❑ Plasticidad sináptica

Es la capacidad de las conexiones entre neuronas (sinapsis) para cambiar y adaptarse en función de la experiencia y el aprendizaje. Los modelos de neurocomputación incorporan esta propiedad para permitir que el sistema aprenda y mejore continuamente con el tiempo.

❑ Paralelismo y eficiencia energética

El cerebro humano es altamente eficiente en términos de consumo de energía y capacidad de procesamiento masivo y paralelo. La neurocomputación busca replicar este paralelismo para realizar tareas complejas con una fracción del consumo de energía de los sistemas tradicionales.

Ventajas de la Neurocomputación

La neurocomputación ofrece varias ventajas significativas en comparación con los enfoques de computación tradicionales:

❑ Aprendizaje automático

Los sistemas neuromórficos pueden aprender automáticamente a partir de datos y mejorar su desempeño en tareas específicas sin intervención humana constante. Esto es esencial en campos como el reconocimiento de patrones, donde el rendimiento mejora con el tiempo y la experiencia.

❑ Procesamiento en tiempo real

La arquitectura paralela de las redes neuronales neuromórficas permite un procesamiento altamente eficiente y rápido, lo que es especialmente útil para aplicaciones que requieren respuestas en tiempo real, como la robótica y los vehículos autónomos.

❑ Adaptabilidad y flexibilidad

La plasticidad sináptica permite a los sistemas neuromórficos adaptarse a cambios en el entorno o en los datos de entrada, lo que los hace más flexibles y versátiles en comparación con los sistemas de computación tradicionales que se basan en reglas rígidas.

❑ Eficiencia energética

La neurocomputación está diseñada para funcionar con un consumo de energía significativamente menor en comparación con los sistemas convencionales, lo que es esencial para dispositivos móviles y aplicaciones de Internet de las cosas (IoT).

Aplicaciones de la Neurocomputación

La neurocomputación tiene aplicaciones en una amplia gama de campos, entre ellas:

❑ Neurociencia y biología

Permite la simulación y el estudio del comportamiento neuronal y del sistema nervioso. En el ámbito de la neurociencia, se utilizan modelos de neurocomputación para simular el comportamiento de las redes neuronales y comprender mejor el funcionamiento del cerebro humano.

❑ Inteligencia Artificial

Para la mejora de la precisión y la velocidad de los algoritmos de aprendizaje automático y el procesamiento del lenguaje natural, así como en una amplia gama de aplicaciones, como reconocimiento de patrones, procesamiento de imágenes, procesamiento de lenguaje natural y aprendizaje automático en general.

❑ Medicina y ciencias de la salud

Se utiliza en la investigación y el diagnóstico médico, como el análisis de imágenes de resonancia magnética cerebral, la detección temprana de enfermedades neurológicas y el estudio de la actividad cerebral a través de la electroencefalografía (EEG). Facilita el diagnóstico médico, la predicción de enfermedades y el diseño de fármacos.

❑ Rehabilitación y terapia física

En la rehabilitación de pacientes después de lesiones cerebrales o accidentes cerebrovasculares, la neurocomputación se utiliza para desarrollar terapias personalizadas que ayuden a recuperar funciones motoras y cognitivas.

❑ Terapia cognitiva

En terapia y entrenamiento cognitivo, se utiliza el neurofeedback para ayudar a las personas a autorregular su actividad cerebral. Esto puede ser útil en el tratamiento de trastornos como el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) y la ansiedad.

❑ Accesibilidad

Las BCIs son sistemas que permiten a las personas controlar dispositivos electrónicos utilizando señales cerebrales. Esto se utiliza en aplicaciones de accesibilidad para personas con discapacidades físicas.

❑ Control de procesos industriales

Permite optimizar y controlar procesos industriales complejos, como la producción en fábricas, la gestión de la cadena de suministro y la automatización de sistemas.

❑ Robótica y Automatización

Impulsa el desarrollo de robots más inteligentes y adaptables. Los algoritmos inspirados en la neurocomputación se utilizan para el control y la toma de decisiones de robots autónomos, así como para la creación de sistemas de visión y percepción para robots.

❑ Robótica médica

En cirugía robótica y procedimientos médicos, la neurocomputación se utiliza para mejorar la precisión y la estabilidad de los dispositivos robóticos utilizados en intervenciones médicas.

❑ Publicidad y marketing

La neurocomputación se aplica en la investigación de mercado y el análisis de las reacciones emocionales de los consumidores a anuncios y productos. Esto puede ayudar a las empresas a optimizar sus estrategias de marketing y diseño de productos.

❑ Sistemas de recomendación

Las aplicaciones de neurocomputación también se encuentran en sistemas de recomendación, como los utilizados por plataformas de streaming de música y video, para personalizar recomendaciones en función del comportamiento del usuario.

❑ Realidad Virtual y Realidad Aumentada

Se utiliza en el desarrollo de experiencias de realidad virtual y aumentada para mejorar la interacción entre el usuario y el entorno virtual, lo que incluye la detección de gestos y expresiones faciales para una experiencia más inmersiva.

❑ Juegos y entretenimiento

En la industria de los videojuegos, la neurocomputación se utiliza para mejorar la inteligencia artificial de los personajes no jugadores (NPC), crear entornos más realistas y adaptar la jugabilidad en función de las respuestas emocionales de los jugadores.

❑ Generación de música y arte

Se han desarrollado algoritmos basados en neurocomputación para la generación de música y arte creativo, lo que permite a los sistemas crear obras artísticas originales o componer música de manera autónoma.

❑ **Detección de emociones y análisis del comportamiento humano**

Estas aplicaciones abarcan desde la investigación académica hasta aplicaciones prácticas en campos como la tecnología, la salud mental y la publicidad. La neurocomputación se utiliza para desarrollar algoritmos que pueden identificar y clasificar las emociones humanas en imágenes y videos. Los sistemas de procesamiento de lenguaje natural basados en la neurocomputación pueden analizar el tono de voz y el lenguaje utilizado para detectar las emociones en las conversaciones, lo que es útil en la atención al cliente, la investigación de mercado y la terapia de conversación. La neurocomputación se utiliza en la mejora de la interacción entre humanos y máquinas, como chatbots y asistentes virtuales, para que puedan reconocer y responder mejor a las emociones y necesidades de los usuarios.

❑ **Detección de engaño**

La neurocomputación se ha investigado para la detección del engaño. Los sistemas pueden analizar señales fisiológicas, como la respuesta galvánica de la piel y la actividad cerebral, para determinar si alguien está siendo engañoso.

❑ **Seguridad y detección de fraude**

Se utiliza en sistemas de detección de fraude financiero y de seguridad para identificar patrones anómalos en el comportamiento de los usuarios y prevenir actividades fraudulentas.

❑ **Seguridad cibernética**

Mejora la detección de amenazas y la protección contra ataques cibernéticos.

❑ **Vehículos autónomos**

La neurocomputación desempeña un papel importante en la tecnología de vehículos autónomos, como coches y drones, ayudándoles a tomar decisiones en tiempo real en función de la percepción del entorno.

Desafíos y futuro de la Neurocomputación

Aunque la neurocomputación promete avances significativos en diversas áreas, todavía enfrenta desafíos importantes.

La complejidad de la simulación de redes neuronales biológicamente precisas, la eficiencia energética, la escalabilidad y la privacidad de los datos son algunos de los aspectos que requieren más investigación y desarrollo.

También cabe mencionar aspectos legales y éticos en el uso de la data obtenida y generada a través de estos sistemas. En este sentido, es importante tener en cuenta los últimos desarrollos en el campo de los “neurorights” y la explicabilidad de los modelos de inteligencia artificial. Los neurorights se preocupan por proteger los derechos individuales relacionados con los datos neuronales y la autonomía cognitiva, especialmente en el contexto de las nuevas neurotecnologías. La explicabilidad está estrechamente relacionada con los neurorights al promover la transparencia y la comprensión de las decisiones impulsadas por la IA que involucran datos neuronales y/o conductuales.

No obstante, el futuro de la neurocomputación es prometedor.

Se espera que los avances en hardware neuromórfico y algoritmos de aprendizaje conduzcan a soluciones más eficientes y potentes en los próximos años.

La colaboración entre la industria, la academia y el gobierno será esencial para desbloquear todo el potencial de esta emocionante tecnología y utilizarla para el bienestar de la sociedad en general.

La neurocomputación se convertirá en una herramienta fundamental para abordar los desafíos más apremiantes de nuestra época y abrirá nuevas oportunidades para la innovación y el progreso.

Dimensión del mercado económico

El mercado de la neurocomputación está en constante expansión y se proyecta como uno de los sectores más prometedores de la tecnología en los próximos años.

El potencial de la neurocomputación para transformar industrias enteras, mejorar la calidad de vida y resolver desafíos complejos hace que sea una tecnología atractiva para inversores y empresas. La neurocomputación no solo optimiza los procesos existentes, sino que también permite el surgimiento de nuevos modelos de negocio y oportunidades de mercado que antes eran inalcanzables.

El uso cada vez mayor de tecnología neuromórfica en aplicaciones de aprendizaje profundo, transistores y aceleradores, semiconductores de próxima generación y sistemas autónomos, como robótica, drones, vehículos autónomos e inteligencia artificial, impulsan el crecimiento del mercado.

Se espera que el tamaño del mercado mundial de la neurocomputación alcance los 8.275,9 millones de dólares para 2030, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 85,73% durante el período de pronóstico (informe de investigación publicado por Spherical Insights & Consulting).

En base al Informe de análisis de tendencias, participación y tamaño del mercado de Computación neuromórfica por aplicación, por uso final, por implementación, por componente, por región y pronósticos de segmento, 2023-2030 de Grand View Research, el tamaño del mercado mundial de computación neuromórfica se valoró en 4.237,7 millones de dólares en 2022.

Según este informe, respecto a las aplicaciones basadas en neurocomputación, el segmento de procesamiento de imágenes tuvo una participación en los ingresos de más del 44,8% en 2022. Esto fue debido al aumento de aplicaciones de visión por computadora en numerosas industrias, incluidas la automoción, la atención sanitaria y la industria de medios y entretenimiento, entre otras.

Se espera que los avances en sensores de imágenes y otras tecnologías de procesamiento impulsen el crecimiento de los ingresos en el segmento de procesamiento de imágenes durante el período de pronóstico.

El desarrollo del procesamiento de imágenes neuromórficas mejorará enormemente la capacidad de las computadoras para interpretar y analizar datos. Además, los modelos de redes neuronales artificiales están ganando popularidad en el procesamiento de imágenes, donde la computación rápida y las arquitecturas paralelas son esenciales.

El segmento de aplicaciones de procesamiento de señales representó el 27,7% de la cuota de mercado general en 2022 y se prevé un crecimiento notablemente durante el período previsto.

Con la implementación cada vez mayor de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en la industria de TI, se proyecta que el segmento de procesamiento de datos se expandirá durante el período de pronóstico.

Bajo una visión de uso final, el segmento de electrónica de consumo lideró la participación en los ingresos con más del 57,9% en 2022.

La preferencia de los consumidores por productos más pequeños y menos costosos requiere la miniaturización de los circuitos integrados, lo que se atribuye al crecimiento del segmento de electrónica de consumo en el mercado mundial de chips neuromórficos.

También se prevé que los ingresos del segmento automotriz crezcan significativamente más rápido durante el período de pronóstico debido a que la industria necesita automatizar sus operaciones utilizando Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático para mejorar la eficiencia y la calidad de su producto final.

En base a un análisis sobre la implementación de sistemas de neurocomputación, el segmento de Edge computing lideró el mercado con aumento en los ingresos del 72,7 % en 2022.

La creciente aplicación de sistemas en la nube basados en la identificación de todos los gestos corporales para interfaces sin contacto, automóviles con controles de voz sensibles e inteligencia interna para robots asistentes se atribuye al crecimiento del segmento.

Se anticipa que la computación en la nube exhibirá la CAGR más rápida durante el período de pronóstico debido a sus múltiples ventajas tecnológicas, como una plataforma única para almacenar y entregar de forma segura volúmenes masivos de datos para cualquier empresa.

Finalmente, en base una análisis de los componentes utilizados en el sector de la neurocomputación, el segmento de hardware lideró el mercado con una participación en los ingresos del 86,2% en 2022.

El creciente uso de hardware neuromórfico para acelerar la computación en dispositivos integrados y la creciente implementación e integración de algoritmos de aprendizaje automático en dispositivos integrados son responsables del crecimiento del segmento de hardware en el mercado.

Además, las iniciativas gubernamentales, la actividad inversora y otros factores impulsan el mercado de la computación neuromórfica.

Se prevé que el segmento de software crezca con la CAGR más alta entre 2022 y 2030. Esto se atribuye a las crecientes necesidades de software en múltiples industrias, como la aeroespacial y de defensa, TI, telecomunicaciones y médica. Así mismo, se prevé que el segmento de software tenga una participación de mercado más significativa, impulsada por aplicaciones de software de neurocomputación.

Bajo una perspectiva geográfica, América del Norte dominó el mercado en 2022 con una participación en los ingresos de más del 37,4%.

Una de las principales tendencias en la región es la tecnología de reconocimiento de voz y habla basada en inteligencia artificial. La integración facilitó el ajuste de sus motores de reconocimiento de voz para brindar una mejor experiencia de voz.

También se prevé que Europa tenga un crecimiento notable durante el período previsto. En general, Europa es un actor clave en el campo de la neurocomputación y existen muchas oportunidades para que organizaciones e investigadores se involucren en esta tecnología apasionante y en rápida evolución. Sin embargo, aún no hay un país claramente posicionado como líder en Europa.

Glosario

1. Neurociencia:

- **Neuroanatomía:** Estudio de la estructura del sistema nervioso.
- **Neurofisiología:** Investigación de la función y la actividad eléctrica del sistema nervioso.
- **Neuroquímica:** Estudio de los procesos químicos y las moléculas que están involucrados en la transmisión neuronal.
- **Neurogenética:** Investigación de los genes y su influencia en el desarrollo y funcionamiento del sistema nervioso.
- **Neuroplasticidad:** Capacidad del cerebro para adaptarse y cambiar su estructura y función en respuesta a la experiencia.

2. Neurocomputación:

- **Redes Neuronales Artificiales (ANN):** Modelos computacionales inspirados en las redes neuronales biológicas, utilizados para el procesamiento de información.
- **Redes Neuronales de Disparo (SNN):** Modelos computacionales que simulan la comunicación entre neuronas mediante pulsos eléctricos o spikes.
- **Plasticidad Sináptica:** Capacidad de las conexiones sinápticas en las redes neuronales para cambiar su fuerza y estructura, permitiendo el aprendizaje y la memoria.
- **Codificación de Pulsos:** Representación de la información en forma de patrones de spikes en lugar de valores continuos.
- **Computación Neuromórfica:** Diseño de hardware especializado que emula el funcionamiento de las redes neuronales biológicas.

3. Interfaces Cerebro-Computadora (BCI):

- **Electroencefalografía (EEG):** Técnica de registro de la actividad eléctrica del cerebro mediante electrodos colocados en el cuero cabelludo.
- **Electrocorticografía (ECoG):** Registro de la actividad cerebral utilizando electrodos implantados directamente sobre la corteza cerebral.
- **Interfaces Invasivas:** BCI que requieren la implantación de electrodos dentro del cerebro para registrar y estimular la actividad neuronal.
- **Interfaces no invasivas:** BCI que utilizan métodos externos, como electrodos en la superficie del cuero cabelludo o sensores ópticos, para detectar la actividad cerebral.
- **Decodificación de la intención del movimiento:** Interpretación de los patrones de actividad cerebral para controlar prótesis o dispositivos externos.
- **Biofeedback:** Técnica de medición y retroalimentación de señales biológicas, como la actividad cardíaca o la sudoración, para monitorear y controlar el estado físico y mental de una persona.
- **Eye Tracking:** Técnica para registro y análisis de la actividad visual de una persona mediante un dispositivo que detecta y mide la movilidad de los ojos.
- **Medición multimodal:** Técnicas de medición referidos al uso de varias fuentes de datos, como video, audio, IoT, para obtener una mejor comprensión de la información.

- **Reconocimiento facial de emociones:** Técnica de análisis para detectar y analizar las expresiones faciales de una persona para obtener información sobre sus emociones.
- **Análisis de movimientos corporales** Técnica de registro y análisis de la movilidad corporal de una persona, como los movimientos de las manos y el cuerpo, para obtener información sobre sus acciones y intenciones.

4. Inteligencia Artificial General (AGI):

- **Aprendizaje Automático (Machine Learning):** Algoritmos y modelos que permiten a las máquinas aprender a partir de los datos y mejorar su rendimiento sin ser programadas explícitamente.
- **Redes Neuronales Profundas (Deep Learning):** Modelos de aprendizaje automático que utilizan múltiples capas de procesamiento para extraer características y realizar predicciones.
- **Reinforcement Learning (Aprendizaje por refuerzo):** Enfoque de aprendizaje automático que utiliza la retroalimentación del entorno para aprender a tomar decisiones óptimas.
- **AGI ética y seguridad:** Investigación sobre los impactos éticos y la seguridad de la inteligencia artificial general.

5. Neurotecnología:

- **Neuroprótesis:** Dispositivos implantables o externos que sustituyen o restauran funciones cerebrales perdidas o dañadas, como prótesis controladas por el pensamiento.
- **Estimulación Cerebral Profunda (DBS):** Terapia que utiliza impulsos eléctricos para modular la actividad cerebral y tratar trastornos neurológicos.
- **Neuroimagen:** Técnicas de visualización y mapeo del cerebro, como la resonancia magnética funcional (fMRI) y la tomografía por emisión de positrones (PET).
- **Neurofeedback:** Entrenamiento en el que se proporciona retroalimentación en tiempo real sobre la actividad cerebral, permitiendo a los individuos aprender a regular su propia actividad neuronal.
- **Neuroética:** Campo que aborda los aspectos éticos y morales relacionados con la investigación y aplicación de la neurociencia y la neurotecnología.

Agradecimientos

Para la elaboración de este informe hemos contado con la participación de los miembros del Grupo de Trabajo de Neurocomputación de la Comisión de Inteligencia Artificial y Big Data de AMETIC, desde donde trabajamos para posicionar a nuestro país como referente en neurocomputación. Generando una nueva industria a nivel internacional que nos posicione como referencia y capitalizando los nuevos productos que surjan de esta tecnología disruptiva.



Sobre AMETIC

AMETIC, la voz de la industria digital en España, lidera, en el ámbito nacional, los intereses empresariales de un hipersector tan diverso como dinámico, el más innovador -concentra más de un 30% de la inversión privada en I+D+i y el que cuenta con mayor capacidad de crecimiento de la economía española. En constante evolución, nuestras empresas asociadas, son el gran motor de convergencia hacia la Economía Digital. AMETIC representa un sector clave para el empleo y la competitividad con un importante impacto en el PIB nacional, al tiempo que ofrece posibilidades de externalización muy positivas para otros sectores productivos. Su transversalidad deriva de la digitalización de todos los procesos empresariales. Representamos un conjunto de empresas que constituyen una palanca real de desarrollo económico sostenible, que incrementan la competitividad de otros sectores, que generan empleo de calidad, que incrementan nuestra tasa de exportación y que revalorizan a nuestro país y a su industria.

Más información: www.ametic.es | [Comision-IAyBD](#) | [Observatorio IA AMETIC](#)

