

PORTADA

Índice

- 1. Introducción**
- 2. El Cambio Climático y la Observación Satelital**
 - 2.1. ¿Qué es el Cambio Climático?**
 - 2.2 Impactos Globales y en España**
 - 2.3 El Papel de los Satélites en la Observación Terrestre**
 - 2.4 Misiones Satelitales Relevantes**
- 3. Inteligencia Artificial aplicada a la observación terrestre**
 - 3.1 Definición de IA**
 - 3.2 ¿Qué es el Machine Learning?**
 - 3.3 Aplicaciones de IA en la Observación Terrestre**
 - 3.4 Casos de Estudio: IA y Cambio Climático**
- 4. Desarrollo de un Modelo de IA Simple**
 - 4.1 Definición del Problema**
 - 4.2 Recopilación y Preparación de Datos Satelitales**
 - 4.3 Entrenamiento y Pruebas del Modelo de IA**
 - 4.4 Análisis de Resultados y Limitaciones**
- 5. Conclusiones**
- 6. Bibliografía**

1.Introducción

Desde el inicio de la carrera espacial en 1955, parte de la opinión pública se ha mostrado contraria al desarrollo de cohetes espaciales, argumentando que tenemos problemas más urgentes que solucionar en la Tierra. Sin embargo, con el paso de los años, los satélites artificiales se han mostrado especialmente útiles precisamente para ayudar a resolver muchos de estos problemas.

Hoy en día existen más de 7.500 satélites artificiales y, dentro de ellos, la inmensa mayoría están en órbita baja, muy cerca de la superficie terrestre y ayudando a mejorar la vida en el planeta Tierra. Más de 5.000 satélites manejan las comunicaciones, y más de 1.200 se dedican específicamente a obtener imágenes y datos de la Tierra en todo momento.¹

Uno de los mayores problemas que afronta la humanidad en la actualidad es el cambio climático, afectando al medio ambiente, la sociedad, y la economía. Es por esto que se debe hacer todo lo posible para remediarlo. Comprender este fenómeno es esencial para poder manejarlo de una forma efectiva, y esto requiere analizar cantidades de datos masivas.

En este contexto, los satélites han demostrado ser una herramienta indispensable, ya que obtienen datos detallados y globales sobre cambios en la temperatura, niveles de gases de efecto invernadero, el deshielo de los glaciares, deforestación y otros indicadores clave del cambio climático.²

Analizar esta cantidad de datos supone una tarea casi imposible para que un humano o equipo de humanos lo haga manualmente. En primer lugar, la cantidad de datos es sencillamente inabarcable, del orden de miles de megabytes por segundo. Por ejemplo, los satélites europeos Sentinel del programa Copernicus generan entre 15 y 30 MB/s cada uno; pero, además, todos estos datos provienen de diferentes fuentes, tienen diferentes formatos, analizan distintas longitudes de onda que van desde el infrarrojo hasta los rayos X pasando por la luz visible, y están todos ellos relacionados entre sí, con lo que no solo hay que analizarlos individualmente, sino todas sus correlaciones.³

Por suerte, ha surgido otra forma de analizar estos datos. En los últimos años, la Inteligencia Artificial ha avanzado a pasos agigantados, y se ha convertido en una herramienta clave para procesar y analizar datos complejos, como los que se obtienen de los satélites. Es capaz de detectar patrones y tendencias a partir de estos datos, como por ejemplo, aumentos de temperatura o el deshielo de los glaciares, y simular escenarios futuros basados en estos patrones, y esto puede ayudar a tomar medidas preventivas. Además, la Inteligencia Artificial puede analizar todo tipo de datos, ya sean imágenes satelitales, información meteorológica, y datos de sensores terrestres, para proporcionar conclusiones detalladas y completas sobre el problema.

¹ <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database>

² <https://www.greenurbandata.com/2018/03/29/el-cambio-climatico-a-traves-de-satelites/#:~:text=La%20subida%20del%20nivel%20del,labor%20de%20los%20sat%C3%A9lites%20cient%C3%ADficos.>

³ <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/copernicus>

El objetivo del trabajo es investigar sobre los distintos tipos de datos que recopilan los satélites de observación de la Tierra, así como sobre los modelos de Inteligencia Artificial existentes en la actualidad que puedan procesar estos tipos de datos, a fin de responder a la pregunta: ¿Cómo puede la IA ayudarnos a mejorar nuestra comprensión y avanzar en la lucha contra el cambio climático a través del uso de datos satelitales? Para ello, analizaré y expondré distintos casos prácticos del uso de dichas tecnologías aplicadas al análisis del cambio climático.

2. El Cambio Climático y la Observación Satelital

Como veremos a continuación, uno de los principales usos de los satélites artificiales desde sus inicios ha sido la observación de nuestro planeta en general, y de la meteorología y climatología en particular.

¿Qué es el Cambio Climático?

Aunque la temperatura de la tierra ha cambiado de forma natural, debido a factores como las erupciones volcánicas, o los ciclos solares, el cambio climático hace referencia a la alteración acelerada del clima y las temperaturas de la tierra, causadas directa o indirectamente por la actividad humana.

La principal causa del cambio climático es el aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera como por ejemplo el dióxido de carbono (CO₂) el metano (CH₄) o los óxidos de nitrógeno (NO_x), que causan el deterioro de la capa de ozono en la atmósfera y los aumentos de la temperatura. Estos gases provienen de diversas actividades humanas, como el uso de la electricidad, la quema de combustibles fósiles, la deforestación, los residuos industriales, etc. Estos gases actúan de manera similar a un invernadero, de ahí su nombre, retienen el calor del sol, impidiendo que escape al espacio, provocando así un aumento en la temperatura.⁴

Según los datos obtenidos por el Instituto Goddard de Estudios Espaciales (GISS) de la NASA, los últimos 10 años han sido los más cálidos de la historia, teniendo una temperatura de 1,47 grados Celsius más cálida en 2024 que a finales del siglo XIX (1850-1900) en el promedio preindustrial.⁵ Esto demuestra de forma evidente los efectos del cambio climático, y la importancia de solucionarlo lo antes posible. Es importante mencionar que este calentamiento no es uniforme en todo el planeta y debido a esto afecta en distinta proporción a diferentes regiones del planeta.

Aunque la principal consecuencia del calentamiento global es el aumento de la temperatura en la tierra, no está limitado a esto, ya que el aumento en la temperatura tiene diversas consecuencias a nivel global, que incluyen alteraciones en patrones climáticos o fenómenos meteorológicos.

Impactos Globales y en España

⁴<https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20230316STO77629/cambio-climatico-gases-de-efecto-invernadero-que-causan-el-calentamiento-global#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20causan%20los%20gases%20de,provocando%20as%C3%AD%20el%20calentamiento%20global>.

⁵ <https://climate.nasa.gov/en-espanol/signos-vitales/temperatura-global/?intent=111>

Como ya hemos mencionado, el cambio climático tiene diversas consecuencias a nivel global que incluyen alteraciones en patrones climáticos o fenómenos meteorológicos, que afectan en distinta proporción a diferentes regiones del planeta. Los principales impactos del cambio climático a nivel **global** son:

- Aumento en la temperatura terrestre: El aumento en la temperatura terrestre causa diversos problemas a nivel global, que incluyen olas de calor y días más calurosos, o una mayor facilidad para la propagación de incendios descontrolados, como por ejemplo el ocurrido recientemente en Los Ángeles.

- Eventos climáticos extremos: Fenómenos como tormentas y huracanes intensos se están volviendo cada vez más comunes y destructivos. Estas condiciones extremas ponen en riesgo la infraestructura, agricultura y estabilidad de comunidades enteras.

- Aumento del nivel del mar y deshielo de los glaciares: Las altas temperaturas provocan, entre muchas consecuencias, el deshielo de los glaciares, que aumenta el nivel del mar y pone en riesgo a las comunidades costeras.

- Desaparición de especies: Los aumentos en las temperaturas, tanto terrestres como marítimas, y la alteración de hábitats naturales como puede ser la deforestación están poniendo en peligro de extinción millones de especies de flora y fauna. Esto puede afectar a los ecosistemas de los cuales obtenemos alimentos y recursos esenciales.

España también sufre por el cambio climático, y su ubicación geográfica en el mar mediterráneo la hace vulnerable a los efectos del cambio climático, y tiene consecuencias diversas y específicas a la península. Cada vez más observamos estas consecuencias:

Sequías: El mayor problema medioambiental que afecta a España son las sequías, causadas por las lluvias irregulares y aumentos en las temperaturas. Según la WWF, el 75% del territorio está en peligro de desertificación y, de seguir con la tendencia actual, para el año 2050 España se convertirá en un país mucho más cálido y seco, poniendo en riesgo muchas de las provincias españolas. Este problema tiene diversas ramificaciones, la más importante de estas siendo la pérdida de vegetación debido a la consistencia más seca del suelo.

-

El Papel de los Satélites en la Observación Terrestre

El cambio climático es un fenómeno global, por lo que requiere de una observación continua de todo nuestro planeta. Es por ello que los satélites son la herramienta ideal para llevar a cabo esta observación: En primer lugar ofrecen un punto de vista óptimo para observar la máxima superficie posible en todo momento. Por otra parte operan ininterrumpidamente, por lo que ofrecen datos con una cobertura espacial y temporal óptimas.

Los satélites se pueden clasificar de diversos modos. Una característica fundamental es la altura y el tipo de órbita que realizan, la cual determina que se puedan configurar para observar un área concreta continuamente (satélites geoestacionarios) o para realizar un análisis de áreas concretas o de todo el planeta (órbita baja terrestre).

Las principales órbitas utilizadas por nuestros satélites son:

Órbita baja terrestre (LEO): Los satélites en esta órbita se encuentran a una altitud aproximada de 160 a 1500 kilómetros sobre la superficie terrestre. Tienen un periodo de órbita corto, de 90 a 120 minutos, por lo que son capaces de dar aproximadamente 16 vueltas a la tierra por día. Estos satélites se utilizan principalmente para la obtención de imágenes de alta resolución de la tierra, ya que al ser el tipo de satélite más cercano a la superficie terrestre, transmitir y recibir información es mucho más rápido en comparación a otras órbitas. Además, los satélites en esta órbita son los económicos en términos de coste de transporte, por lo que para cubrir una mayor área se envían en grupos, llamadas constelaciones de satélites, las cuales trabajan entre sí para obtener la información de la manera más eficiente posible.

Órbita geoestacionaria (GEO): Los satélites en órbita geoestacionaria son los satélites de observación terrestre que se encuentran más alejados, a una altitud aproximada de 36000 kilómetros sobre la superficie de nuestro planeta. En comparación a los satélites en órbita baja, los satélites en esta órbita cubren un área mucho mayor, por lo que tres satélites GEO espaciados de forma uniforme pueden cubrir casi toda la superficie terrestre. Estos satélites tienen un periodo de órbita idéntico a la rotación terrestre, 23 horas, 56 minutos y 4 segundos, por lo que parecen inmóviles desde la tierra, de ahí su nombre. Como permanecen en el mismo punto relativamente a la tierra, son capaces de estar conectados a un mismo punto en la tierra a todo momento, lo que los convierte en herramientas perfectas para observar el tiempo y el clima en regiones concretas. El mayor inconveniente que tienen es que debido a la distancia la información tiene un mayor retraso en enviarse y recibirse en comparación a las demás órbitas, y las imágenes obtenidas, aunque tienen mayor cobertura, son de una resolución mucho menor.

Heliosíncronos (SSO): Los satélites heliosíncronos son los más importantes para obtener información sobre el medio ambiente. Estos atraviesan de norte a sur las regiones polares, y se encuentran a una altitud de 600 a 800 kilómetros sobre la superficie terrestre. Tienen un periodo de órbita corto de 96 a 100 minutos, similares a los satélites LEO. Estos satélites están calibrados de manera que siempre pasan por la misma zona de forma precisa a la misma hora del día, por lo que las imágenes terrestres que obtienen tengan una iluminación constante, lo que hace que este tipo de satélites sean los más convenientes para observar la tierra y monitorear el medio ambiente. El hecho de que las imágenes de los satélites SSO sean constantes implican que las imágenes que obtenemos mediante este tipo de satélites son las más óptimas a la hora de observar cambios y patrones medioambientales.

Por esta razón los científicos utilizan este tipo de satélites para prevenir todo tipo de problemas relacionados con el medio ambiente y el cambio climático. Los utilizan para pronosticar ciclones, tormentas, inundaciones y otros eventos climáticos extremos, prevenir incendios forestales, y monitorizar problemas a largo plazo como la deforestación. De forma similar a los satélites en órbita baja, tienen la misma desventaja, ya que al estar tan cerca de la superficie terrestre sólo pueden cubrir un área reducida en comparación a otras órbitas, y se envían en grupos.

A parte de ser clasificados por órbita, los satélites están equipados con diversos sensores, los cuales nos permiten obtener diferentes tipos de datos, en diversos formatos. Dependiendo de los sensores que tenga un satélite, estará mejor equipado para ciertas misiones y para recoger un tipo de información específica. Debido a la multitud de parámetros involucrados en el

estudio del cambio climático, es importante identificar los principales sensores involucrados en la observación terrestre y sus características⁶:

Sensores ópticos: Estos sensores obtienen imágenes utilizando la luz visible, y algunas longitudes de onda cercanas a la visible, como las infrarrojas o la ultravioleta. Estos sensores obtienen imágenes de alta resolución de la superficie terrestre, permitiendo identificar detalles finos del terreno. Una de sus limitaciones es el clima, ya que las nubes y las condiciones atmosféricas, así como la iluminación pueden afectar a la visibilidad del satélite y la calidad de las imágenes. Gracias a la alta resolución de estos sensores, los satélites equipados con sensores ópticos se utilizan para mapear y evaluar áreas afectadas por problemas como la deforestación, el deshielo de los glaciares o aumentos en el nivel del mar a un nivel superficial.

Sensores de Radar (SAR): Estos sensores emiten ondas de radio para detectar la superficie terrestre, midiendo las señales reflejadas desde la superficie de la Tierra. A diferencia de los sensores ópticos, no tienen limitaciones relacionadas con el clima o la iluminación gracias a su forma de obtener información. Estos tipos de sensores permiten a los satélites obtener información a través de las nubes o la vegetación intensa, lo que los puede hacer herramientas muy útiles para identificar parámetros climatológicos como tormentas, ciclones o lluvias torrenciales, y de esta forma proporcionar información muy importante sobre el cambio climático. Además de esto, proporcionan información detallada sobre la topografía y la estructura de la superficie terrestre.

Sensores Hiperespectrales: Estos sensores capturan imágenes en un amplio espectro de longitudes de onda, desde el visible hasta el infrarrojo cercano y medio. A diferencia de los sensores ópticos y los sensores de radar estos sensores permiten identificar la composición química y la composición física de los materiales en la superficie terrestre, como la salud de la vegetación, la calidad del agua y la detección de contaminantes en el terreno. Similar a los sensores ópticos, los sensores hiperespectrales se ven afectados por las condiciones ambientales y tienen que tener unas condiciones precisas para realizar un análisis correcto y eficiente sobre la composición física o química de los componentes a analizar. Gracias a su habilidad para identificar la composición química de los materiales, los satélites equipados con este tipo de sensores se utilizan para monitorizar la degradación de los suelos o la contaminación atmosférica, entre otros.

Sistemas de Posicionamiento Global:

Si bien no captan datos sobre la Tierra directamente, y de hecho no reciben datos, existe un tipo de satélites fundamental para la observación y obtención de datos. Se trata de los sistemas de posicionamiento global, formados por constelaciones de satélites que emiten una señal de radiofrecuencia que incluye datos relevantes sobre la hora exacta en que se emite y su posición. De este modo, un sistema receptor de esta señal puede ubicar su posición de forma precisa, calculando la distancia a varios de estos satélites.

Esto convierte a estos satélites en una herramienta fundamental tanto para los sistemas de tierra (balizas de temperatura, vehículos de observación, etc.) como para el resto de satélites, que gracias a estos pueden funcionar con una precisión mucho mayor.

⁶ <https://terraset.es/tipos-de-satelites-sensores-y-resoluciones-2024/>

Misiones Satelitales Relevantes

Diversas organizaciones mundiales tienen activos diversos satélites, en diferentes órbitas y equipados con distintos sensores. Por ello cada satélite tiene unas características distintas y se dedican a obtener un tipo de información concreta.

Sentinel: El programa Copernicus de la ESA (Agencia Espacial Europea), tiene en órbita diversos satélites Sentinel, equipados con distintos sensores y ubicados en distintas órbitas. El Sentinel-1, el primer satélite del programa, ubicado en órbita heliosíncrona (SSO) a aproximadamente 700 km de altitud, está equipado con un radar de apertura sintética (SAR). Este proporciona imágenes de alta resolución de la superficie terrestre, recopilando datos sobre los glaciares en el ártico, aumentos en el nivel del mar y contaminación por petróleo. Obtiene 1,1 petabytes de datos mensuales.

Los Sentinel-2 consisten de una constelación de dos satélites idénticos en la misma órbita heliosíncrona, a unos 800 km de altitud, están equipados con sensores ópticos de alta resolución. Estos proporcionan imágenes de alta resolución utilizadas para gestión forestal, estudios ambientales y resolución de emergencias. Obtienen 3.6 petabytes de datos mensuales.

El Sentinel-3 es el satélite más sofisticado de la familia Sentinel, ubicado a unos 820 km de altitud y está equipado con sensores ópticos y radares especializados en la observación de los océanos y la vegetación del planeta. Este se dedica a monitorear el nivel, la temperatura y las corrientes del mar, evaluar los niveles de vegetación y estudiar dinámicas medioambientales a gran escala. Obtiene 1.2 petabytes de datos mensuales.⁷

Landsat: Los satélites Landsat 8 y 9, operados por la NASA y el USGS, se encuentran en órbita heliosíncrona, a 705 km de altitud. Son los últimos satélites de la familia Landsat y presentan mejoras respecto a los modelos anteriores. Están equipados con dos sensores, el OLI (Operational Land Imager) que es un sensor óptico que captura imágenes en luz visible y ondas cercanas al infrarrojo, y el TIRS (Thermal infrared Sensor) un sensor infrarrojo térmico que mide la radiación emitida por la superficie terrestre. Estos dos sensores proporcionan una cobertura de 100 metros cuadrados de superficie si se analiza la temperatura, 30 m² si se analiza luz visible, infrarroja cercana (NIR), o infrarrojo de onda corta (SWIR), y 15 m² si se analizan imágenes en blanco y negro, ya que tienen un detalle mayor.

Tanto el Landsat 8 como el 9 trabajan en unísono para conseguir imágenes detalladas del planeta, y gracias a esta coordinación, somos capaces de obtener una imagen completa del planeta cada 8 días. Gracias a sus sofisticados sensores, los satélites Landsat son utilizados para analizar deforestación, deshielo de los glaciares o información fuera del espectro visible, como la salud de la vegetación o la contaminación del océano. Las posibilidades de investigación de estos satélites es casi infinita. Los satélites Landsat obtienen unas 750 escenas diarias, que tienen un tamaño de 185 km x 180 km y suele ocupar de 1GB a 1,5 Gb dependiendo de la compresión, por lo que los dos juntos obtienen unos 1800 Gb diarios⁸

Otras familias satelitales: Las dos principales familias de satélites dedicadas a la observación terrestre son las mencionadas anteriormente, los Sentinel y los Landsat, pero solo representan una muy pequeña porción de todos los satélites dedicados a la observación terrestre. Algunos ejemplos destacados son:

⁷ <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>

⁸ https://www.youtube.com/watch?v=DGE-N8_LQBo/ / <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>

Deimos 2 (GeoSat-2): Este satélite creado por la empresa española Elecnor Deimos, pero adquirido por la empresa GEOSAT, opera en una órbita heliosíncrona, a unos 620 kilómetros de altitud aproximadamente. Está equipado con un sensor óptico de tipo pushbroom de muy alta definición pero de poca cobertura que escanea la superficie terrestre por líneas, y proporciona resolución multiespectrales (Luz visible y infrarrojo cercano) de 4 metros cuadrados y una banda pancromática (blanco y negro) de 1 metro cuadrado. El principal uso de este satélite es el estudio de la agricultura y la gestión ambiental, por lo que gracias a su sensor es capaz de identificar y analizar diversos parámetros relacionados con la vegetación, como por ejemplo la salud de la vegetación, la cantidad de luz solar absorbida por las plantas o el índice de área foliar. Este satélite tiene una capacidad de recolección de 150000 km² diarios.⁹

TerraSAR-X: Esta es una constelación de tres satélites, dos satélites alemanes, TerraSAR-X y TanDEM-X, operado por la DLR (Centro Aeroespacial Alemán) y un satélite español, PAZ, operado por Hisdesat. Los satélites se encuentran a 514 kilómetros de altitud sobre el ecuador. Estos satélites están equipados con un radar de apertura sintética(SAR) en banda X, que les permite obtener información de alta resolución de la superficie, independientemente de las condiciones climáticas o de iluminación. Estos satélites son capaces de operar en distintos modos, aumentando o disminuyendo el tamaño de cobertura, o la polarización, que es la orientación de las ondas electromagnéticas, alterando la resolución de los datos obtenidos en cada modo. Los datos que obtienen estos satélites se utilizan para estudios climatológicos, monitoreo ambiental y de desastre, y el estudio de otras áreas como la hidrología o la geología.¹⁰

Observando los diversos satélites utilizados para la observación terrestre comprobamos que

3. Inteligencia Artificial aplicada a la observación terrestre

Como hemos podido observar, la cantidad de datos que obtienen estos satélites es simplemente inabarcable para ser analizada por ningún equipo de humanos. Por suerte una nueva herramienta perfecta para el análisis de datos está avanzando y mejorando a diario, la inteligencia artificial.

Definición de IA

La inteligencia artificial (IA) es un campo de la informática que crea programas informáticos que simulan la inteligencia humana, y son capaces de resolver problemas o realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana. Esto incluye la capacidad de razonamiento, aprendizaje, creatividad y capacidad de planear. Lo que diferencia a la IA de otros sistemas informáticos es que es capaz de mejorar su rendimiento y adaptarse.

Observando el estado actual de la inteligencia artificial, es fácil asumir que es un invento reciente, conseguido una vez la tecnología y la informática llegara a un estado avanzado, pero esto no es así. La inteligencia artificial se lleva estudiando desde los años 50, con la

⁹ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/geosat-2>

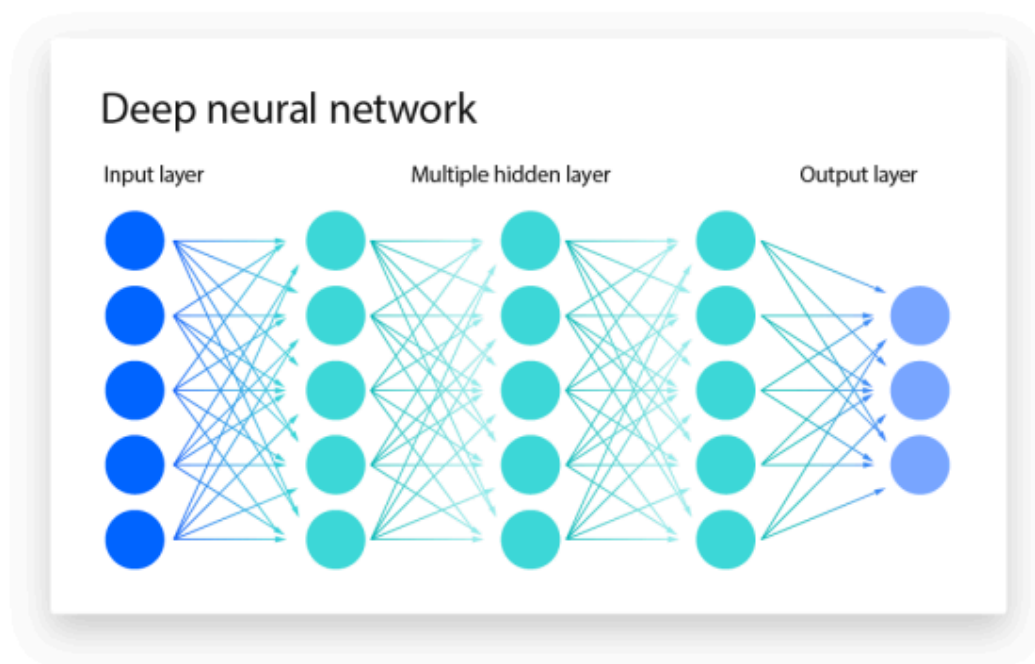
¹⁰

https://apollomapping.com/terrasax-satellite?utm_source=Google&utm_medium=cpc&utm_campaign=21089804310&utm_term=terrasar-x&utm_content=163951281042&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA5Ka9BhB5EiwA1ZVtvJYO-9HpYhZmK8bglXGsPtUXR819NAqNOTomXWwtXEjw2rBlhuOdLxoCXW0QAvD_BwE

investigación realizada por Alan Turing. Turing estaba convencido de que el cerebro humano actúa como una máquina de computación digital, por lo que se podía hacer que los ordenadores tuvieran inteligencia. En 1950 publicó su papel “Computing Machinery and Intelligence”, donde propuso una prueba para evaluar la inteligencia de un programa, el cual hoy en día se refiere al test de Turing, donde un humano evalúa una conversación con otro humano y un ordenador, y se supera si no es capaz de distinguirlos.

Los inicios de la inteligencia artificial fueron muy prometedores, principalmente gracias al desarrollo de los sistemas expertos. Este tipo de inteligencia artificial se basa en reglas rígidas escritas de antemano y puede realizar tareas muy complejas con gran eficiencia, como por ejemplo, planificar las llegadas y salidas de un aeropuerto de un modo mucho más preciso que un ser humano. Pero a pesar de estos inicios prometedores, el campo se estancó durante décadas en el “invierno de la inteligencia artificial”, porque se demostró que estos sistemas no se podían escalar hasta alcanzar la inteligencia humana.

A partir de aquí, diversos matemáticos, científicos e intelectuales han avanzado el ámbito de la inteligencia artificial, hasta llegar a su estado actual. El más importante de estos científicos es Geoffrey Hinton, un psicólogo cognitivo e ingeniero computacional que es considerado “el padre del aprendizaje profundo”, gracias a sus avances en las redes neuronales.¹¹



Los sistemas modernos de inteligencia artificial, basados en el aprendizaje profundo, imitan el comportamiento de las neuronas humanas, se organizan en pequeños nodos lógicos, que se conectan entre sí en sucesivas capas, dando lugar a una red neuronal con datos de entrada y datos de salida. A continuación es necesario enseñar a la red neuronal a realizar las tareas deseadas. Para ello se emplea el machine learning.

¹¹ “The Price of Tomorrow” de Jeff Booth

¿Qué es el Machine Learning?

El machine learning es una rama del campo de la inteligencia artificial que busca cómo dotar a los programas de IA con la capacidad de aprender basándose en datos o experiencias previas. Esta rama es esencial para mejorar el rendimiento de la inteligencia artificial, ya que las hace capaz de mejorar de manera autónoma y solucionar problemas cada vez más complejos. El machine learning se basa en entrenar a los programas de inteligencia artificial, con el objetivo de que puedan extraer conclusiones autónomas sobre nuevos datos, o mejorar su rendimiento en las tareas que desempeñan.

El machine learning es la técnica mediante la cual se entrena a una red neuronal. Se le proporcionan a la red neuronal ejemplos de problemas a resolver. Inicialmente la red neuronal proporciona respuestas aleatorias, estas respuestas se comparan con las respuestas correctas, y a continuación se procede a ajustar los parámetros de las neuronas. De este modo, tras muchas iteraciones, la red neuronal se adapta para dar soluciones óptimas a los casos de ejemplo. Finalmente, la red entrenada con los casos de ejemplo se puede aplicar a nuevos casos.¹²

Uno de los primeros éxitos del Deep Learning fue el desarrollo de AlphaGo por parte de DeepMind de Google. Este programa fue creado para jugar al juego Go, el juego de mesa más antiguo del mundo, creado en china hace más de 2500 años. El juego tiene 10^{170} posiciones de juego, por lo que se pensaba que una inteligencia artificial tardaría varias décadas en ganar a los mejores jugadores humanos, ya que requeriría una potencia computacional inmensa. Esto fue hasta 2016, donde el programa AlphaGo le ganó a uno de los mejores jugadores del mundo, en una partida donde el programa hizo un movimiento tan extraño que los profesionales observando la partida dieron por hecho que fue un error, pero no fue así, sino que fue una jugada maestra nunca antes realizada por ningún humano. Esta fue la primera vez en la que se consideró que un programa informático fue creativo, una característica que hasta este momento era únicamente humana. Después de esto, DeepMind creó AlphaGo Zero, una segunda versión del programa que ganó a su predecesor 100 a 0. La peculiaridad de esta nueva versión era que, contrario a AlphaGo, no requería ningún tipo de entrenamiento basado en observar jugadas profesionales y amateurs, sino que se entrenaba a sí mismo utilizando aprendizaje profundo, utilizando solo las reglas del propio juego y jugando contra sí mismo repetidamente y mejorando con cada partida. Esto demostró el potencial del machine learning y el aprendizaje profundo, y solo ha mejorado desde entonces.

El machine learning es ideal para analizar los datos satelitales, ya que contamos con una cantidad de datos masiva, organizados por grupos de formato idéntico que se pueden utilizar como entrada a una red neuronal, y que requieren una respuesta de la que se pueden proporcionar tantos ejemplos como sea necesario hasta que la red neuronal pueda procesar los datos de forma rápida y fiable. Esta afirmación se aplica al análisis de cualquier parámetro relacionado con el cambio climático que se quiera estudiar.

Aplicaciones de IA en la Observación Terrestre

¹² <https://www.ibm.com/es-es/topics/neural-networks>

Casos de Estudio: IA y Cambio Climático

Ejemplo 1

A continuación presento un ejemplo de clasificador de imágenes sencillo que he desarrollado mediante Google Teachable Machine.

Para entrenar el modelo he utilizado 20 imágenes de satélite de bosques sanos y 20 de bosques deteriorados, obtenidas del Dataset Land Cover Classification Track.

El clasificador tiene una excelente tasa de éxito. Probado con 10 imágenes nuevas, ha clasificado correctamente las imágenes en todos los casos.

Dicho esto, se trata de un ejemplo muy simplificado con casos muy extremos.

<https://teachablemachine.withgoogle.com/models/QAhxu045w/>

https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/que-es-cambio-climatico?no_pst=no_pst&no_okw=c_141455799534&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAnpy9BhAkEiwA-P8N4szUYawiCAxDT5Zfb3xQihAJL-gq113RrevkBCs5BOFSgHHVYNRVIRoChwoQAvD_BwE

<https://eos.com/es/blog/tipos-de-satelites/>

<https://eos.com/es/blog/teledeteccion/>

<https://terraset.es/tipos-de-satelites-sensores-y-resoluciones-2024/>

<https://eos.com/es/blog/imagenes-multiespectrales-y-hiperespectrales/>

<https://www.kaggle.com/datasets/abdulhasibuddin/uc-merced-land-use-dataset?resource=download>

<https://www.kaggle.com/datasets/quadeer15sh/augmented-forest-segmentation>

<https://github.com/blutjens/awesome-forests>

<https://stanfordmlgroup.github.io/projects/forestnet/>