

MODERN
RADIOLOGY
eBook

IA en Radiología

ESR EUROPEAN SOCIETY
OF RADIOLOGY



/ Prólogo

Radiología Moderna es un recurso educativo gratuito para radiología publicado en línea por la Sociedad Europea de Radiología (ESR). El título de esta segunda versión renovada refleja el novedoso concepto didáctico del eBook de la ESR, con su combinación única de texto, imágenes y esquemas en forma de páginas sucintas, complementadas con casos clínicos de imagen, secciones de preguntas y respuestas e hipervínculos que permiten desplazarse rápidamente entre las distintas secciones de capítulos basados en órganos y técnicas de imagen, resúmenes y referencias.

Sus capítulos se basan en las contribuciones de más de 100 reconocidos expertos europeos, y se refieren tanto a aspectos técnicos generales como a casos de imagen clínica basados en órganos. El nuevo aspecto gráfico, que muestra a Asklepios con gafas de moda, simboliza la combinación de la enseñanza médica clásica con la educación de estilo contemporáneo.

Aunque la versión inicial del *libro electrónico ESR* se creó para proporcionar conocimientos básicos a los estudiantes de medicina y a los profesores de los cursos de postgrado, su alcance se ha ampliado gradualmente para incluir

conocimientos más avanzados para los lectores que deseen «profundizar». Como resultado, *Radiología Moderna* cubre también temas de los niveles de postgrado del *Diploma Europeo de Formación en Radiología*, abordando así las necesidades educativas de postgrado de los residentes. Por otra parte, refleja los comentarios de profesionales médicos de todo el mundo que desean actualizar sus conocimientos en áreas específicas del Diagnóstico por Imágenes y que ya han apreciado la profundidad y claridad del *libro electrónico ESR* en los niveles educativos básicos y más avanzados.

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a todos los autores que han contribuido con su tiempo y experiencia a este esfuerzo voluntario y sin ánimo de lucro, así como a Carlo Catalano, Andrea Laghi y András Palkó, que tuvieron la idea inicial de crear un eBook de la ESR, y -por último- a la Oficina de la ESR por su apoyo técnico y administrativo.

Radiología Moderna encarna un espíritu de colaboración y un compromiso inquebrantable con esta fascinante disciplina médica, indispensable para la atención moderna del paciente. Espero que esta herramienta *educativa* fomente la curiosidad y el pensamiento crítico, contribuyendo a la apreciación del arte y la ciencia de la radiología en toda Europa y en otros continentes.

Minerva Becker, Editora

Profesora ordinaria de Radiología, Universidad de Ginebra, Suiza

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la
inteligencia artificial

Temas avanzados en
inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a
casa

Referencias y lecturas
adicionales

Pon a prueba tus
conocimientos

/ Copyright y condiciones de uso

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional.

Eres libre de:

Compartir: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.

Under the following terms:

- / **ATRIBUCIÓN** – debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o a su uso.
- / **NO COMERCIAL** – no puede utilizar el material con finés comerciales.
- / **SIN DERIVADAS** – Si remezcla, transforma o construye a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.

Cómo citar esta obra:

European Society of Radiology,
Tugba Akinci D'Antonoli, Marcio A. B. C.
Rockenbach, Vera Cruz e Silva,
Merel Huisman, Elmar Kotter, Emmanouil
Koltsakis, Peter M. A. van Ooijen, Erik R.
Ranschaert, Pinar Yilmaz
(2024) ESR Modern Radiology eBook:

- / **Inteligencia Artificial en Radiología.**
DOI 10.26044/esr-modern-radiology-spa-08

/ Signage

 **CONOCIMIENTO BÁSICO**

 **ATENCIÓN**

 **HIPERVÍNCULOS**

 **MÁS CONOCIMIENTOS**

 **COMPARAR**

 **REFERENCIAS**

 **PREGUNTAS**

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

IA en Radiología

AUTORES

Editors: Merel Huisman | Elmar Kotter | Peter M. A. van Ooijen | Erik R. Ranschaert

Members: Tugba Akinci D' Antonoli | Marcio Aloisio Bezerra Cavalcanti Rockenbach
Vera Cruz e Silva | Emmanouil Koltsakis | Pinar Yilmaz

AFILIACIÓN

European Society of Medical Imaging Informatics
(EuSoMII) Education Committee

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la
inteligencia artificial

Temas avanzados en
inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a
casa

Referencias y lecturas
adicionales

Pon a prueba tus
conocimientos

<↑> HIPERVÍNCULOS

info@eusomii.org

/ Colaboradores en la traducción

El presente capítulo es una traducción del eBook **Radiología moderna**.

TÍTULO ORIGINAL:

Artificial Intelligence in Radiology

TRADUCIDO POR:

Sebastián Alberto Costantino, Instituto Radiológico Mar del Plata. Argentina

COORDINADO POR:

Sebastián Alberto Costantino, Instituto Radiológico Mar del Plata. Argentina

APROBADO POR:

Claudia Cejas, Fundación para la Lucha contra las Enfermedades
Neurológicas de la Infancia (Fleni), Buenos Aires, Argentina

NOTA DE LOS COORDINADORES:

Es un honor presentar la versión en español de ESR Modern Radiology eBook. Esta obra, reconocida por su rigor académico y su aporte a la práctica radiológica, llega ahora a la comunidad hispanohablante. Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a la Sociedad Europea de Radiología (ECR) por habernos otorgado la oportunidad de participar, lo que reafirma el compromiso de la ECR con la educación global y la excelencia en la práctica radiológica. Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento a la Federación Argentina de Radiología y a la Sociedad Argentina de Radiología, instituciones que han brindado su apoyo incondicional.

Sebastian Costantino

Claudia Cejas

/ IA en Radiología

**ESQUEMA DEL
CAPÍTULO:**

Introducción

Fundamentos de la
inteligencia artificial

Temas avanzados en
inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a
casa

Referencias y lecturas
adicionales

Pon a prueba tus
conocimientos

<↑> HIPERVÍNCULOS

sebacos@hotmail.com

/ Esquema del capítulo

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Introducción

- / ¿Por qué deberíamos aprender sobre IA?
- / Breve historia de la IA
- / Definiciones

/ Fundamentos de la inteligencia artificial

- / Aprendizaje supervisado
- / Aprendizaje no supervisado
- / Aprendizaje por refuerzo

/ Temas avanzados en inteligencia artificial

- / Aprendizaje profundo y sus aplicaciones en imágenes médicas
- / Desarrollo, implementación y evaluación de algoritmos
- / Intercambio de datos
- / Posibles beneficios, riesgos y evidencia disponible
- /

/ Aspectos futuros

- / Un futuro brillante para la radiología con inteligencia artificial
- / Inteligencia artificial general
- / Modelos de lenguaje de gran tamaño

/ Puntos para llevar a casa

/ Referencias y lecturas adicionales

/ Pon a prueba tus conocimientos

Introducción

Fundamentos de la
inteligencia artificial

Temas avanzados en
inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a
casa

Referencias y lecturas
adicionales

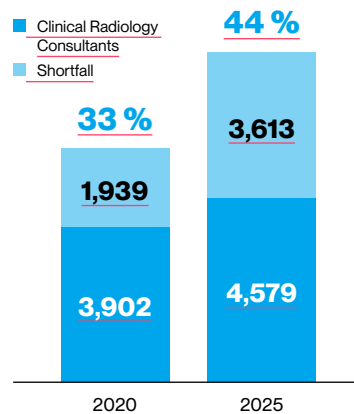
Pon a prueba tus
conocimientos

/ Introducción

/ ¿Por qué deberíamos aprender sobre IA?

- / La inteligencia artificial (IA) es un campo en rápido crecimiento que influye en todos los aspectos de nuestra vida, incluida la forma en que practicamos la medicina. Los trabajadores de la salud deben seguir el ritmo del desarrollo digital para avanzar en este campo.
- / El uso de IA en el ámbito sanitario plantea riesgos potenciales, como una gran cantidad de errores o costes adicionales innecesarios. Por ello, deberíamos aprender más sobre IA para poder implementar herramientas de IA de forma segura y eficaz en la medicina.
- / Mientras que el volumen y la complejidad de las imágenes se disparan, hay un aumento en la escasez de personal y la presión sobre los radiólogos. Como resultado, la calidad disminuye y los retrasos en la presentación de informes aumentan. La IA puede aumentar tanto la velocidad como la calidad de los informes, al tiempo que aumenta la satisfacción laboral de los médicos.
- / En la siguiente sección aprenderemos más sobre las aplicaciones de la IA en radiología, pero primero veamos la breve historia y la información fundamental sobre la IA.

Forecast Shortfall of Clinical Radiology Consultants in UK 2020-2025



<=> REFERENCIAS

Adaptado del informe del censo de personal de radiología clínica del Reino Unido de 2020

<https://www.rcr.ac.uk/publication/clinical-radiology-uk-workforce-census-2020-report>

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

- / ¿Por qué deberíamos aprender sobre IA?

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

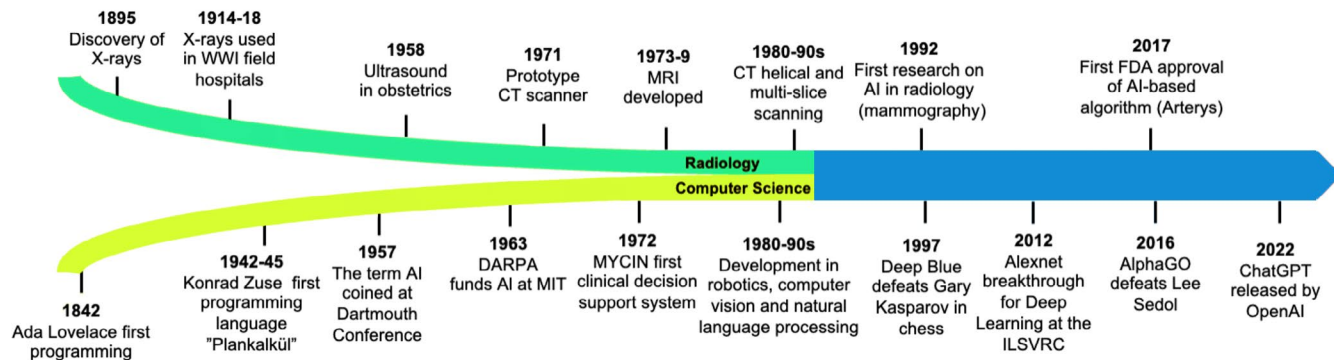
Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Breve historia de la IA en radiología

- / Ada Lovelace conceptualizó la primera programación en 1842, marcando el nacimiento de la informática.
- / En 1895, William Conrad Roentgen descubrió los rayos X, lo que dio lugar al surgimiento de la radiología como especialidad.
- / Krizhevsky et al. ganaron el desafío ImageNet en 2012 con AlexNet, una red neuronal convolucional, disparando el campo del aprendizaje profundo.
- / El primer algoritmo basado en IA fue aprobado por la FDA en 2017 y se introdujo oficialmente en el ámbito clínico.



<> REFERENCIAS

Adaptado de Clin Transl Sci (2020) 13, 216–218; doi:10.1111/cts.12704

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

- / Breve historia de la IA en radiología

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Definiciones

>|< COMPARAR

- / **Inteligencia artificial (IA):** es un campo dentro de la informática enfocado en crear soluciones capaces de **realizar tareas que normalmente se asocian con la inteligencia humana**. Es un término amplio que abarca una amplia gama de tecnologías, e incluso un modelo básico basado en reglas puede considerarse una forma de IA.
- / **Aprendizaje automático (ML):** es un subconjunto de la IA que gira en torno a la creación de algoritmos capaces de aprender de los datos y hacer predicciones. Sin embargo, estos algoritmos aún dependen de la **supervisión humana**. El ML no es un concepto nuevo dentro del campo de la IA. En la visión computadorizada, los algoritmos de ML tradicionales a menudo implican el procesamiento de imágenes y la extracción explícita de características.

- / **Aprendizaje profundo (DL):** es un subconjunto del ML que utiliza **redes neuronales** para aprender patrones en los datos. Se considera un campo relativamente nuevo dentro de la IA y ha experimentado un aumento en popularidad en los últimos años. El entrenamiento de un modelo DL generalmente requiere grandes cantidades de datos y recursos computacionales debido a la complejidad de las arquitecturas de redes neuronales. Hoy en día, eso es posible gracias a las tarjetas gráficas especializadas en operaciones matriciales.

<!=> ATENCIÓN

IA es un término general y puede aplicarse a muchos dominios y de muchas formas. En este capítulo nos centraremos principalmente en **Aprendizaje profundo en reconocimiento de imágenes**.

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

/ Definiciones

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

AI

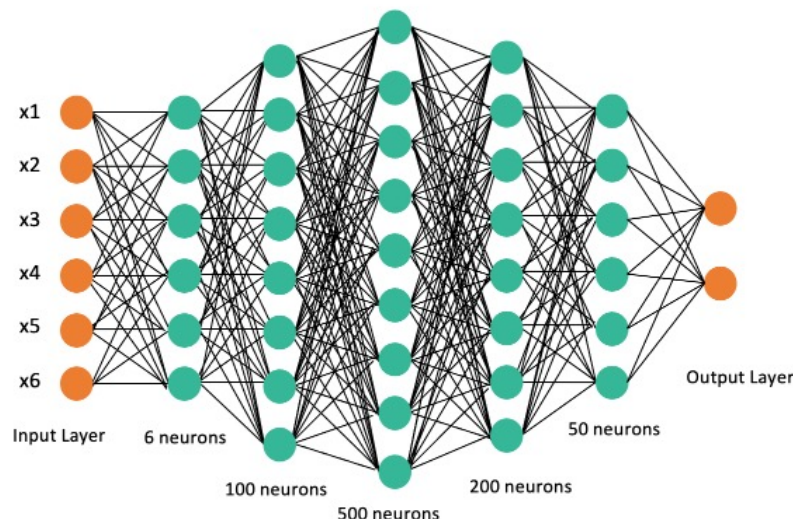
ML

DL

>< COMPARAR

/ **Red neuronal artificial (RNA):** un tipo de algoritmo de aprendizaje automático que imita la estructura y función del cerebro humano. Contienen múltiples neuronas organizadas en capas jerárquicas. Las capas más cercanas a la capa de entrada son responsables de procesar y transformar los datos de entrada para extraer características relevantes, mientras que la capa de salida es responsable del resultado final.

/ **Red neuronal profunda (DNN):** un tipo específico de red neuronal compuesta por múltiples capas intermedias (es decir, capas ocultas). Se pueden utilizar para entrenar modelos potentes basados en grandes cantidades de datos.



● Hidden Layers of neurons

<∞> REFERENCIAS

Adaptado de M. Bahi y M. Batouche, "Aprendizaje profundo para la detección virtual basada en ligandos en el descubrimiento de fármacos", doi: 10.1109/PAIS.2018.8598488

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

/ Definiciones

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

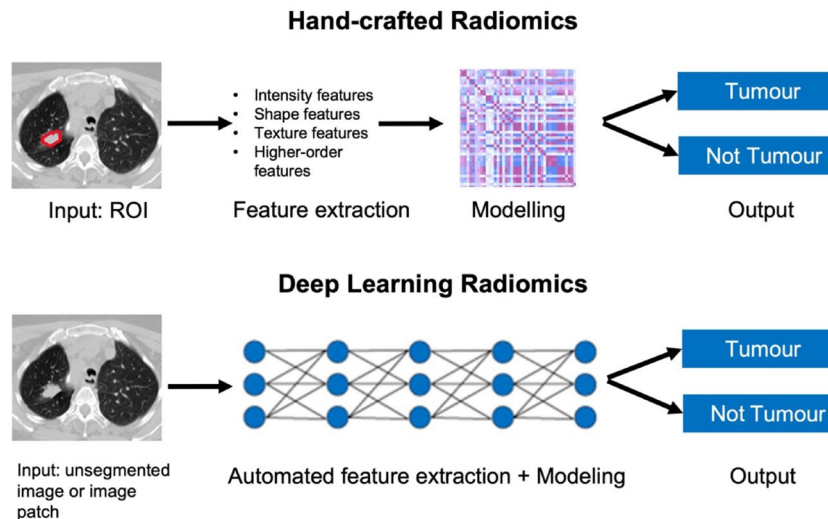
Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

Radiómica: se refiere a la extracción de características cuantificables y explotables de imágenes médicas. Es un campo de investigación en rápido crecimiento y se aplica principalmente en el campo de la imagenología oncológica.

En la actualidad, la radiómica sigue siendo en gran medida un área de investigación, pero se están realizando esfuerzos para trasladar estos resultados de investigación a la clínica.

Dependiendo de si se utilizan enfoques de aprendizaje profundo o hechos a mano, el flujo de trabajo radiómico puede incluir curación de datos clínicos y de imágenes, preprocesamiento de imágenes, segmentación de imágenes, extracción de características, desarrollo de modelos y validación de modelos.



Introducción

**Fundamentos de la
inteligencia artificial**

Temas avanzados en
inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a
casa

Referencias y lecturas
adicionales

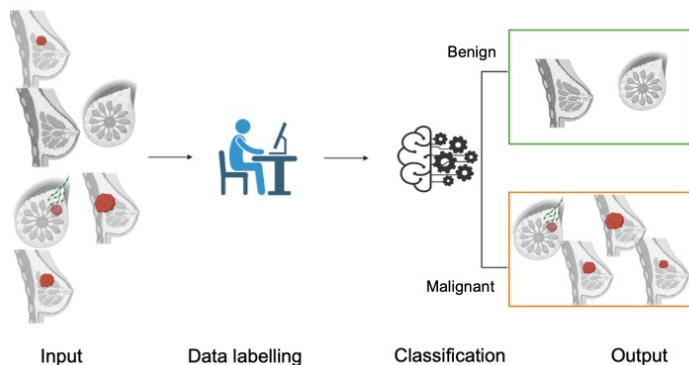
Pon a prueba tus
conocimientos

/ Fundamentos de la inteligencia artificial

/ Aprendizaje supervisado

El aprendizaje supervisado es un paradigma de aprendizaje automático que utiliza datos de entrenamiento etiquetados por humanos. Luego, el modelo predice (esto se denomina "clasificación") los resultados en un nuevo conjunto de datos sin etiquetar. Es la técnica más utilizada.

Las etiquetas pueden ser, por ejemplo, una región de interés (ROI) que apunta a un tumor maligno de mama (ver imagen a continuación), un cuadro delimitador que indica una lesión focal o una etiqueta basada en texto como "fractura".



>=< MÁS CONOCIMIENTOS

Métodos supervisados comunes:

- / **Regresión** → estima relaciones entre variables.
- / **Algoritmos de árbol de decisión, DTA** (por ejemplo, bosque aleatorio) → Los DTA se utilizan para tareas de clasificación y regresión; tienen una estructura de árbol jerárquica con un nodo raíz, ramas, nodos internos y nodos hoja.
- / **Máquinas de vectores de soporte (SVM)** → se utilizan para tareas de clasificación y regresión; son especialmente útiles para clasificar datos en 2 grupos.

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

/ Aprendizaje supervisado

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

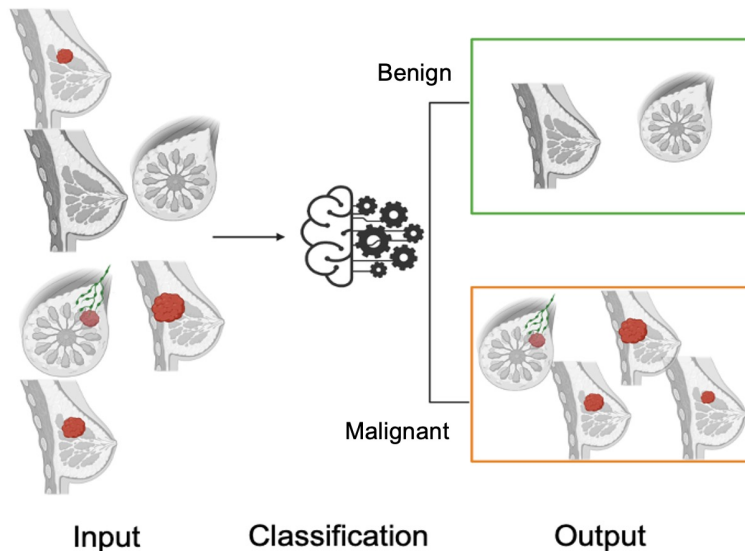
Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Aprendizaje no supervisado

- / El aprendizaje no supervisado evita el etiquetado manual de datos mediante técnicas de agrupamiento como k-means.
- / El modelo se alimenta normalmente con una gran cantidad de datos sin etiquetar y luego encuentra patrones basados en la estructura de los datos.
- / El aprendizaje no supervisado se utiliza normalmente para grandes conjuntos de datos no estructurados, por ejemplo, para descubrir nuevos biomarcadores.
- / En imágenes médicas, un ejemplo común es la red generativa antagónica (GAN), utilizada para crear imágenes sintéticas (=falsas).



/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

/ Aprendizaje no supervisado

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

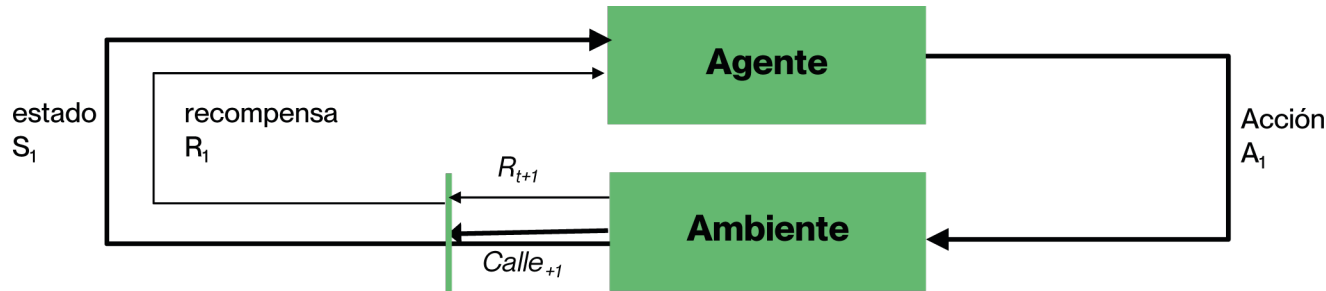
Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Aprendizaje por refuerzo

El aprendizaje por refuerzo es un método de aprendizaje basado en recompensas y castigos. Un agente interactúa con el entorno detectando su estado y aprendiendo a realizar acciones para maximizar las recompensas a largo plazo.

Mediante este enfoque, el agente debe mantener un equilibrio entre recompensa y castigo mediante ensayo y error para favorecer las acciones que producirán el mayor beneficio.



<∞> REFERENCIAS

Adaptado de la imagen de Shweta Bhatt.

<https://towardsdatascience.com/reinforcement-learning-101-e24b50e1d292>

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

/ Aprendizaje por refuerzo

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

Introducción

Fundamentos de la
inteligencia artificial

**Temas avanzados en
inteligencia artificial**

Aspectos futuros

Puntos para llevar a
casa

Referencias y lecturas
adicionales

Pon a prueba tus
conocimientos

/ Temas avanzados en inteligencia artificial

/ Aplicaciones del aprendizaje profundo en imágenes médicas

Las imágenes médicas han sido una de las principales áreas de interés en lo que respecta al desarrollo de modelos de aprendizaje profundo para aplicaciones médicas. Se pueden encontrar muchos ejemplos de algoritmos desarrollados para diferentes modalidades de imágenes (RM, TC, rayos X, ecografía). En las siguientes diapositivas, encontrará los tipos de tareas en las que se ha utilizado el aprendizaje profundo, junto con algunos ejemplos de modelos:

Clasificación: entrenar un modelo que sea capaz de categorizar imágenes.

Ejemplos:

- / Clasificación binaria: radiografía de tórax normal vs anormal sin especificación de una patología
- / Clasificación de planos anatómicos (multiclase): axial vs coronal vs sagital
- / Positivo para una enfermedad específica vs. negativo (p. ej. clasificación de RM cerebrales en positivo o negativo para la enfermedad de Alzheimer)

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

/ Un futuro brillante para la radiología con inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

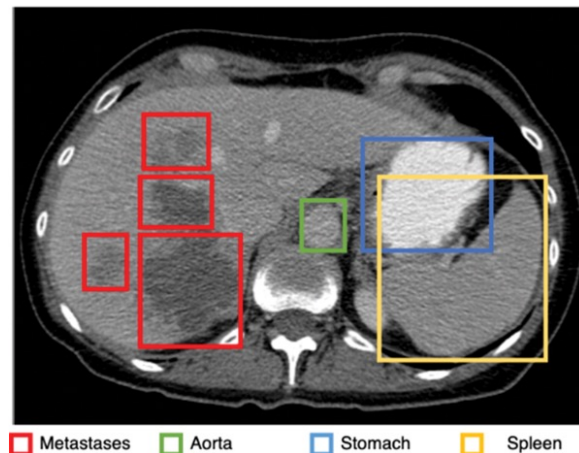
Detección: el objetivo de estos algoritmos es identificar “objetos” anatómicos o patológicos dentro de una imagen.

A menudo, el objeto detectado se puede resaltar con el uso de **cuadros delimitadores** (ver imagen).

Algunos ejemplos incluyen:

- / Detección de puntos de referencia para la planificación de cirugía de columna en radiografías
- / Detección de nódulos pulmonares en tomografías computarizadas
- / Detección de cálculos renales mediante tomografías computarizadas
- / Detección de lesiones hepáticas mediante tomografías computarizadas

Object detection



<=> REFERENCIAS

Cheng, PM. Publicado en línea:
1 de septiembre de 2021

<https://doi.org/10.1148/rq.2021200210>
Compartido bajo licencia CC BY 4.0

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

/ Un futuro brillante para la radiología con inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

Segmentación: tarea de dividir los píxeles de una imagen en múltiples regiones o segmentos, donde cada segmento corresponde a un objeto o clase particular (por ejemplo, un órgano o una patología).

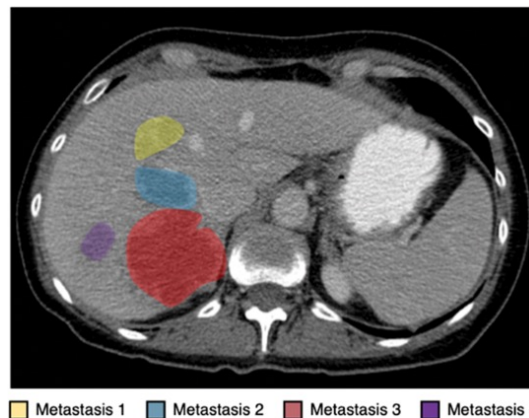
En general, este es el primer paso que facilita la clasificación o cuantificación (por ejemplo, la medición) como siguiente paso.

Este tipo de aplicación es uno de los usos populares del DL en imágenes médicas.

Ejemplos:

- / Segmentación de próstata en RM
- / Segmentación del hígado en la TC
- / Segmentación de tumores cerebrales en RM
- / Segmentación cardíaca en la angiografía por CTA
- / Segmentación de tumores pulmonares en TC
- / Segmentación del ictus en TC/RM

Segmentación de metástasis hepáticas en una tomografía computada.



<=> REFERENCIAS

Cheng, PM. Publicado en línea:
1 de septiembre de 2021

<https://doi.org/10.1148/rq.2021200210>
Compartido bajo licencia CC BY 4.0

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

/ Un futuro brillante para la radiología con inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

Mejora de imágenes: los modelos de aprendizaje profundo se pueden entrenar para realizar tareas que mejoren la calidad de la imagen (o mantengan la calidad de la imagen con una dosis menor) en imágenes médicas.

Las aplicaciones incluyen:

- / **Eliminación de ruido:** los algoritmos de DL pueden aprender a distinguir el ruido de la señal subyacente. Luego, se puede eliminar el ruido, al tiempo que se conservan las características de imagen más importantes.
- / **Súper resolución:** los modelos DL pueden aprender a aumentar la resolución espacial (es decir, crear imágenes de alta resolución a partir de imágenes de baja resolución).
- / **Eliminación de artefactos:** eliminación de artefactos que afectan la calidad de la imagen (como artefactos de movimiento, endurecimiento del haz).
- / **Exploraciones con realce de contraste virtual:** los modelos DL se pueden entrenar para simular imágenes con contraste mejorado basándose en un estudio sin contraste.

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

- / Un futuro brillante para la radiología con inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

Casos de uso no interpretativos

Casos de uso o aplicaciones que no tienen resultados primarios de diagnóstico o pronóstico, pero que facilitan el flujo de trabajo radiológico digital, desde la programación de citas del paciente hasta la comunicación de los resultados (consulte la siguiente diapositiva para ver ejemplos).

Estas aplicaciones son relativamente novedosas y en su mayoría aún están en desarrollo, pero tienen un gran potencial.

Algunos ejemplos comunes:

- / **Soporte de programación:** puede ayudar con la optimización del flujo de trabajo al automatizar el proceso de programación de estudios y asegurarse de que la carga de trabajo sea adecuada para el departamento.
- / **Automatización de protocolos de radiología:** basándose en la información clínica disponible, la IA puede ayudar a identificar el protocolo óptimo de adquisición de imágenes, por ejemplo, si una TC abdominal debe adquirirse con o sin contraste intravenoso.
- / **Priorización de la lista de trabajo:** algunos modelos de aprendizaje automático están diseñados para identificar estudios urgentes que requieren una interpretación rápida por parte de un radiólogo. De esta manera, podemos garantizar que los estudios de alta prioridad se revisen primero.
- / **Protocolos de visualización:** algunas herramientas de IA pueden ayudar a determinar el diseño mediante el cual se muestran las imágenes radiológicas según el escenario clínico específico/protocolo de estudio.

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

/ Un futuro brillante para la radiología con inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

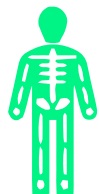
Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

Los proveedores y los médicos han tenido una “visión de túnel” hacia los casos de uso interpretativos, si bien existe una variedad de casos de uso que van más allá del apoyo a la toma de decisiones (es decir, más allá de realizar el diagnóstico).

Cadena de valor de las imágenes | Casos de uso no interpretativos

Merel Huisman ESSR 2023



Flujo de trabajo

- / Previsión de la demanda vs. personal
- / Optimización de la programación
- / Preparación del paciente (chatbot / GenAI)
- / Selección de modalidad
- / Selección de protocolo
- / Medios de contraste y reducción de dosis
- / Control de calidad automático y reescaneo
- / Posprocesamiento
- / Triage (lista de trabajo)
- / Información clínica (LLM) Navegación personalizada manos libres
- / Protocolos de visualización personalizados automatizados



Toma de desiciones



Informes /Comunicación

- / Recomendaciones automáticas de pautas
- / Informes precargados
- / Autoestructuración
- / Impresión automatizada
- / Corrección de lateralidad/ edad/género
- / Informes multimedia mejorados
- / Informes y traducción fáciles de usar para el paciente
- / Hallazgos críticos y seguimiento
- / Administración
- / Facturación
- / Educación de residentes
- / Inteligencia empresarial (paneles de control)

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

/ Un futuro brillante para la radiología con inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Desarrollo, implementación y evaluación de algoritmos

>|< COMPARAR

Definición de caso de uso

/ Definir el objetivo del algoritmo (es decir, la condición clínica que se pretende tratar con la aplicación)

/ Definir los criterios de inclusión y exclusión asociados a la condición clínica.

/ Identificar los elementos de datos necesarios para el desarrollo del modelo.

> Preparación del conjunto de datos

/ Recopilar datos que sean representativos de la condición clínica.

/ Etiquetar/anotar los datos recopilados (esta es la información básica que se utilizará para entrenar y probar el modelo)

/ **Dividir el conjunto de datos en conjuntos de entrenamiento, validación y prueba**

> Entrenamiento de modelos

/ Evaluar qué tipo de preprocesamiento de datos será necesario

/ Elija el enfoque de arquitectura de modelo adecuado para la tarea definida en los pasos anteriores

/ Utilice los conjuntos de entrenamiento y validación para evaluar el rendimiento de los modelos entrenados con diferentes enfoques

> Validación interna

/ **Seleccione el modelo con el mejor rendimiento en el conjunto de validación**

/ Evaluar el rendimiento del modelo en el conjunto de pruebas independiente (es decir, de reserva)

/ Este rendimiento será una aproximación de la generalización del modelo (es decir, qué tan bien funcionaría el modelo en otro conjunto de datos).

> Validación externa

/ Evaluar el rendimiento del modelo en datos externos (por ejemplo, datos de otras instituciones de atención médica).

/ Evalúa la generalización y reproducibilidad del modelo (es decir, su utilidad en diferentes entornos/poblaciones)

/ Ayuda a identificar sesgos en el modelo (por ejemplo, desempeño deficiente de un subgrupo)

> Despliegue clínico

/ Los modelos se implementan en el flujo de trabajo clínico, generalmente después de una prueba piloto.

/ **La integración perfecta no es trivial sino fundamental**

/ Se requiere autorización reglamentaria (por ejemplo, marca CE)

/ **Se deben considerar factores de usabilidad más allá del rendimiento del modelo (por ejemplo, cómo y cuándo, velocidad, interacción hombre-máquina).**

> Vigilancia posterior a la comercialización

/ La salida del modelo debe ser monitoreada continuamente para detectar caídas en el rendimiento en caso de cambios en los parámetros clínicos (lo que se denomina cambio del conjunto de datos).

/ Los eventos adversos relacionados con el uso del modelo deben notificarse

/ Se deben recopilar los comentarios de los usuarios

/ Se pueden implementar actualizaciones del modelo para abordar cualquier problema que pueda identificarse.

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

/ **Desarrollo, implementación y evaluación de algoritmos**

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

El rendimiento algorítmico se evalúa constantemente durante el entrenamiento del modelo y luego se evalúa el rendimiento final en el conjunto de prueba y, más tarde, en datos externos durante la validación externa.

El desempeño siempre debe evaluarse utilizando múltiples métricas de desempeño para obtener una comprensión integral de sus fortalezas y debilidades. La elección depende del tipo de problema, la prevalencia de la enfermedad y el contexto clínico.

Métricas de rendimiento comunes en ML:

- / **Coefficiente de similitud de datos:** una medida de superposición basada en píxeles entre áreas predichas y verdaderas en tareas de segmentación, que varía de 0 (sin superposición) a 1 (superposición perfecta)
- / **Error cuadrático medio (MSE) / Error absoluto medio (MAE):** evalúa la calidad de un modelo de regresión
- / **Precisión (=valor predictivo positivo)*:** proporción de verdaderos positivos de todas las predicciones positivas, depende de la prevalencia
- / **Recordatorio (=sensibilidad)*:** proporción de verdaderos positivos de todas las muestras positivas reales, independientemente de la prevalencia
- / **Precisión*:** proporción de predicciones correctas de todas las predicciones (% correcto), intuitivo pero puede sobreestimar el rendimiento
- / **Puntuación F1*:** métrica para predecir con confianza y no pasar por alto enfermedades en un entorno de baja prevalencia, preferible a la precisión en enfermedades raras
- / **Área bajo la curva ROC (AUC-ROC):** una estadística gráfica de resumen para la discriminación de modelos representada como la tasa de verdaderos positivos frente a la tasa de falsos positivos en múltiples umbrales de clasificación

*Derivado de la matriz de confusión (ver siguiente diapositiva)

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

/ Desarrollo, implementación y evaluación de algoritmos

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

La **matriz de confusión** es fundamental para la evaluación del rendimiento del modelo en tareas de clasificación (por ejemplo, lesión benigna frente a maligna). Proporciona un resumen completo de las predicciones del modelo en comparación con las etiquetas de verdad fundamental (clase real).

		Predicción	
		POSITIVO	NEGATIVO
Realidad (Verdad fundamental)	POSITIVO	VERDADERO POSITIVO (VP) Exito	FALSO NEGATIVO (FN) Error de tipo II (error)
	NEGATIVO	FALSO POSITIVO (FP) Error tipo I (falsa alarma)	VERDADERO NEGATIVO (VN) Rechazo correcto

A partir de la matriz de confusión, se pueden derivar múltiples métricas de rendimiento, entre ellas:

- / **Sensibilidad:** $TP / (TP + FN)$. Mide la capacidad del modelo para identificar correctamente los casos positivos (anomalías) de entre todos los casos positivos reales.
- / **Especificidad:** $TN / (TN + FP)$. Mide la capacidad del modelo para identificar correctamente los casos negativos (casos normales) de entre todos los casos negativos reales.

IA en ensayos clínicos:

- / Las herramientas de IA que se utilizan en el contexto de la lectura centralizada de imágenes para ensayos clínicos también requieren una validación técnica y clínica adecuada. La coherencia de la realidad básica y la representación adecuada de la población (incluidos los fenotipos de enfermedades, la variabilidad de los escáneres y los protocolos de adquisición) son igualmente esenciales en este escenario para el entrenamiento y la prueba de los algoritmos.
- / La IA puede apoyar/facilitar algunas tareas relacionadas con ensayos y/o análisis de imágenes, tales como: selección de pacientes según criterios de inclusión, evaluación de la calidad de la imagen a partir de exploraciones cargadas y evaluación de biomarcadores de imágenes cuantitativos, lo que también conlleva una notoria disminución del tiempo de anotación/lectura de imágenes y una reducción de la variabilidad entre lectores.

<∞> REFERENCIAS

Para obtener más información, consulte:

<https://www.eusomii.org/w60-validation-of-automated-image-analysis-tools-in-the-absence-of-a-ground-truth-by-marco-during/>

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

- / Desarrollo, implementación y evaluación de algoritmos

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Intercambio de datos

El desarrollo y la mejora de la IA se basan en gran medida en la experiencia de aprendizaje del algoritmo. A medida que los algoritmos aprenden de los datos, un acceso más completo a los mismos es crucial para mejorar la precisión y la implementación y, en última instancia, para brindar un mejor servicio a la atención médica.

RGPD - Reglamento General de Protección de Datos

El 25 de mayo de 2018 entró en vigor el RGPD, que se aplica a todos los estados miembros de la UE y se refiere al tratamiento de datos personales, incluidos (aunque no esté específicamente diseñado para ello) los datos relativos a la salud.

El RGPD es una ley vinculante y reemplaza las leyes preexistentes.

DATOS PERSONALES:

cualquier información relativa a una persona física identificada o identificable

TRATAMIENTO:

cualquier operación o conjunto de operaciones que se realicen sobre datos personales

DATOS RELATIVOS A LA SALUD:

cualquier información relativa a una persona física identificada o identificable

<!=> ATENCIÓN

Persona física identificada o identificable es un concepto clave en materia de protección de datos.

<∞> REFERENCIAS



Echa un vistazo:
<https://gdpr-info.eu/>

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

/ Intercambio de datos

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

Un entorno particular en el que el RGPD es de suma importancia es el desarrollo y la comercialización de dispositivos médicos (DM), específicamente aquellos que implementan software de IA, donde el acceso a conjuntos de datos apropiados determina su rendimiento y conformidad con el **uso previsto**.

El Reglamento de dispositivos médicos (MDR) de la UE sustituyó a la Directiva sobre dispositivos médicos (MDD) de la UE a partir del 26 de mayo de 2021. Impone requisitos regulatorios estrictos que deben cumplirse antes de que los dispositivos médicos puedan usarse en la práctica clínica. **El Reglamento de dispositivos médicos (MDR) de la UE exige el cumplimiento del RGPD.**

<!> ATENCIÓN

Las herramientas de software basadas en IA se consideran un dispositivo médico y están reguladas como tal.

El **MDR** se aplica a instrumentos, aparatos, dispositivos, software, implantes, reactivos, materiales u otros artículos para cualquiera de los siguientes:

- / diagnóstico, prevención, seguimiento, tratamiento o alivio de una enfermedad;
- / investigación, sustitución o modificación de un proceso anatómico, fisiológico o patológico;
- / proporcionar datos mediante el examen in vitro de muestras derivadas de un cuerpo humano.

El **uso previsto** comprende:

- (1) el propósito médico real;
- (2) el uso autorizado, entendido como la definición de los usuarios previstos y el entorno de uso, la población de pacientes objetivo o las partes del cuerpo.

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

/ Intercambio de datos

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

Técnicas para mitigar los riesgos de protección de datos según RGPD

/ **Seudonimización:** se refiere al tratamiento de datos personales de tal manera que ya no se puedan atribuir a un interesado sin utilizar información adicional, siempre que dicha información adicional se conserve por separado. Los datos seudonimizados se consideran datos personales según el RGPD.

/ **Anonimización:** los datos anónimos son datos de los que no se puede establecer ninguna conexión con una persona identificable específica y quedan fuera del ámbito de aplicación del RGPD.

En el caso específico del sector salud, donde es crucial mantener la trazabilidad, la seudonimización es un ejemplo de garantía adecuada de protección de datos.

<∞> REFERENCIAS

Para obtener más información, consulte:

<https://www.eusomii.org/protection-of-patient-data-in-eu-vs-us-by-erik-ranschaert-md-phd-2/>
<https://www.linkedin.com/pulse/anonymisation-now-house-cards-magali-feys>

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

/ Intercambio de datos

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

Los datos de salud podrán ser procesados:

- / Cuando el paciente da su consentimiento explícito e inequívoco para el uso de sus datos
- / Cuando sea de vital interés para el paciente
- / Para fines de atención sanitaria
- / Por interés público en el área de salud pública
- / Para fines de archivo en interés público, fines de investigación científica o histórica o fines estadísticos.
- / En el ámbito del derecho del trabajo, de la seguridad social y de la protección social

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

/ Intercambio de datos

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

<∞> REFERENCIAS

Sociedad Europea de Radiología (ESR). El nuevo Reglamento General de Protección de Datos de la UE: lo que el radiólogo debe saber. Insights Imaging. 2017 Jun;8(3):295-299. doi: 10.1007/s13244-017-0552-7. Epub 2017 Apr 24. PMID: 28439718; PMCID: PMC5438318.

/ Posibles beneficios, riesgos, evidencia disponible

Las aplicaciones de IA en el ámbito clínico, específicamente en el flujo de trabajo de radiología, abarcan no solo el reconocimiento de imágenes y el apoyo a la toma de decisiones (centrado en el radiólogo), sino también los procedimientos previos y posteriores. Para un flujo de trabajo fluido, los algoritmos de IA deben estar completamente integrados en las estaciones de trabajo PACS.

Algunos posibles **beneficios** incluyen la automatización de tareas que consumen mucho tiempo, a saber:

- / Optimización de la lista de trabajo (por ejemplo, facilitando el análisis de exámenes de emergencia) y la programación
- / Selección de modalidad y protocolo
- / Tiempo de adquisición de imágenes y reducción de la dosis de radiación
- / Procesamiento de imágenes
- / Detección, medición y clasificación de lesiones
- / Informes y comunicación a médicos y pacientes
- / Facturación

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

/ Posibles beneficios, riesgos y evidencia disponible

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

<∞> REFERENCIAS

Otras aplicaciones actuales disponibles incluyen procesos automatizados relacionados con el escaneo, tales como:

- / Posicionamiento del paciente en el isocentro (TC y RM)
- / Identificación de la región de interés (ROI)
- / Mantenimiento de equipos (CT)

Cabe destacar que el ahorro simultáneo de tiempo y costes, unido a la reducción de la carga de trabajo radiológico y al aumento de la productividad y la eficiencia, beneficiará principalmente al paciente, pero también al radiólogo, a los médicos de referencia y al sistema sanitario en general.

En última instancia, las soluciones de IA también podrían respaldar una ampliación de la cobertura de los servicios de atención sanitaria donde hay escasez de profesionales.

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

- / Posibles beneficios, riesgos y evidencia disponible

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

<∞> REFERENCIAS

Potočník, J., Foley, S. y Thomas, E. Aplicaciones actuales y potenciales de la inteligencia artificial en la práctica de imágenes médicas: una revisión narrativa. J Medical Imaging Radiat Sci (2023) doi:10.1016/j.jmir.2023.03.033.

Es necesario tener en cuenta algunos riesgos inherentes a las aplicaciones de IA, como:

- / **Sesgo no intencional** que puede causar disparidades en la salud (por ejemplo, género, raza, nivel socioeconómico);
- / **Disminución del** rendimiento en el ámbito clínico o en determinados subgrupos
- / **Rendimiento inconsistente** del algoritmo a lo largo del tiempo;
- / **Complicar** excesivamente la atención sanitaria y **añadir costos** sin ganar en eficiencia ni calidad;
- / Falta de reembolso (según el país);
- / **Fallo de la vigilancia post comercialización** (obligatorio según el MDR);
- / **Cuestiones de responsabilidad** (un aspecto de la mala praxis en los Estados Unidos) sobre el resultado final del paciente: ¿quién es responsable? ¿El desarrollador de la IA? ¿La empresa que comercializa el algoritmo? ¿O el radiólogo?
- / **Ciberataques y fuga de datos;**
- / **Sesgo de automatización** (es decir, los humanos siguen a la IA ciegamente incluso si les da un consejo equivocado);
- / **Impulso técnico > atracción clínica** (es decir, desarrollar herramientas porque es posible, no porque es necesario)

Es esencial ser consciente de los **problemas clínicos reales** y la **idoneidad** de las soluciones basadas en IA en un entorno clínico particular; ver la IA como un medio, no como un objetivo final.

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

- / Posibles beneficios, riesgos y evidencia disponible

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

<=> REFERENCIAS

Inteligencia artificial en imágenes médicas: oportunidades, aplicaciones y riesgos | SpringerLink

**ESQUEMA DEL
CAPÍTULO:**

Introducción

Fundamentos de la
inteligencia artificial

Temas avanzados en
inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a
casa

Referencias y lecturas
adicionales

Pon a prueba tus
conocimientos

/ Aspectos futuros

/ Aspectos futuros

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

- Introducción
- Fundamentos de la inteligencia artificial
- Temas avanzados en inteligencia artificial
- Aspectos futuros**
- Puntos para llevar a casa
- Referencias y lecturas adicionales
- Pon a prueba tus conocimientos

- / Actualmente, los algoritmos de IA en radiología tienen un enfoque limitado y se centran en una característica o tarea de imagen específica (llamada **solución puntual**).
- / En el futuro, esto podría cambiar con la inteligencia artificial general (IAG) y, eventualmente, la IA podría ejecutar muchas tareas con una capacidad de nivel humano con una supervisión humana limitada.
- / En ese caso, las tareas diarias de un radiólogo podrían cambiar drásticamente; tendríamos más tiempo para el contacto con pacientes, casos complejos y reuniones de equipos multidisciplinares.

>|< COMPARAR

IA ESTRECHA (SOLUCIÓN PUNTUAL)	IA GENERAL
Específico de la aplicación/tarea limitada	Realizar tareas de inteligencia general (humana)
Modelos de dominio fijo proporcionados por programadores	Aprende por sí mismo y razona con su entorno operativo.
Aprende de miles de ejemplos etiquetados	Aprende de unos pocos ejemplos y/o de datos no estructurados
Tareas reflexivas sin comprensión	Gama completa de capacidades cognitivas humanas
El conocimiento no se transfiere a otras tareas del dominio.	Aprovecha la transferencia de conocimientos a nuevos dominios y tareas
La IA actual en radiología	¿La IA del futuro en radiología?

Modelos de lenguaje de gran tamaño (LLM)

- / Las LLM son redes neuronales profundas entrenadas para generar texto a nivel humano.
- / La familia de LLM GPT (transformador pre-entrenado generativo) está actualmente en aumento y ya se utiliza en muchas áreas de la medicina y la radiología.
- / Hasta la fecha, se han publicado varios artículos que utilizan GPT-3.5 y GPT-4 que muestran que los LLM pueden respaldar la toma de decisiones en mamografía, escribir artículos médicos o aprobar exámenes de radiología.
- / Es posible que haya más en el futuro cercano, y los LLM pueden facilitar nuestro camino hacia la IAG.



/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Mensajes para llevar a casa

- / La IA es un esfuerzo multidisciplinario en el que científicos informáticos, físicos médicos y expertos clínicos colaboran en todos los pasos del proceso para lograr soluciones clínicamente aplicables.
- / El aprendizaje automático utiliza algoritmos capaces de aprender de los datos y hacer predicciones, mientras que el aprendizaje profundo es un subconjunto del aprendizaje automático y utiliza redes neuronales profundas para aprender patrones en los datos.
- / Existe una amplia gama de áreas en las que se puede aplicar el aprendizaje profundo en radiología, incluidos casos de uso de imágenes y sin imágenes.
- / El cumplimiento del RGPD es fundamental: la recopilación de datos debe minimizarse y utilizarse de forma justa, con un fin claro y legítimo. Los datos no deben almacenarse más tiempo del necesario y deben protegerse con medidas de ciberseguridad adecuadas.
- / Los beneficios de la implementación de IA incluyen la reducción del tiempo de interpretación y procesamiento de imágenes, la optimización de las listas de trabajo y la reducción de la dosis de radiación.
- / Los riesgos y limitaciones de la IA incluyen caída del rendimiento, problemas de responsabilidad, ciberataques y fuga de datos.
- / Los radiólogos deberían familiarizarse con ellos y aprovechar este enorme potencial para una mejor atención al paciente.

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Referencias y lecturas adicionales

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

- / Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J. et al. Inteligencia artificial en radiología. *Nat Rev Cancer* 18, 500–510 (2018).
<https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>
- / Gabriel Chartrand, Phillip M. Cheng, Eugene Vorontsov, Michal Drozdal, Simon Turcotte, Christopher J. Pal, Samuel Kadoury, and An Tang. Aprendizaje profundo: una introducción para radiólogos. *RadioGraphics* 2017 37:7, 2113-2131.
<https://doi.org/10.1148/rg.2017170077>
- / Phillip M. Cheng, Emmanuel Montagnon, Rikiya Yamashita, Ian Pan, Alexandre Cadrin-Chênevert, Francisco Perdigon Romero, Gabriel Chartrand, Samuel Kadoury, and An Tang. Aprendizaje profundo: una actualización para radiólogos. *RadioGraphics* 2021 41:5, 1427-1445.
<https://doi.org/10.1148/rg.2021200210>
- / Bradley J. Erickson, Panagiotis Korfiatis, Zeynettin Akkus, and Timothy L. Kline. Aprendizaje automático para imágenes médicas. *RadioGraphics* 2017 37:2, 505-515.
<https://doi.org/10.1148/rg.2017160130>
- / <https://gdpr-info.eu/>
- / Sociedad Europea de Radiología (ESR). El nuevo Reglamento General de Protección de Datos de la UE: lo que el radiólogo debe saber. *Insights Imaging*. 2017 Jun;8(3):295-299. doi: 10.1007/s13244-017-0552-7. Publicación electrónica 24 de abril de 2017. PMID: 28439718; PMCID: PMC5438318
- / Reglamento 2017/745 Considerando 47, arts. 62(4)(h), 72(3), 92(4), 110(1)–(2) (UE)
- / El futuro de la regulación de los dispositivos médicos: innovación y protección (pp. 77-90). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781108975452.007
- / Inteligencia artificial en imágenes médicas: oportunidades, aplicaciones y riesgos | SpringerLink
- / <https://www.linkedin.com/pulse/anonymisation-now-house-cards-magali-feys>
- / <https://www.monash.edu/researchinfrastructure/mbi/research/imaging-analysis/motion-artefact-removal-in-mri>
- / <https://discourse.slicer.org/t/new-extension-fully-automatic-whole-body-ct-segmentation-in-2-minutes-using-totalsegmentator/26710>
- / A. Krizhevsky, I. Sutskever y G. Hinton. Clasificación de imágenes con redes neuronales convolucionales profundas. *Advances in Neural Information Processing Systems* 25, 2012.

/ Lectura adicional

- / Inteligencia artificial en imágenes médicas: oportunidades, aplicaciones y riesgos 1.ª ed. Edición de 2019 por Erik R. Ranschaert (Editor), Sergey Morozov (Editor), Paul R. Algra (Editor), Springer
- / Pesapane, F., Codari, M. y Sardanelli, F. Inteligencia artificial en imágenes médicas: ¿amenaza u oportunidad? Los radiólogos vuelven a estar a la vanguardia de la innovación en medicina. Eur Radiol Exp 2, 35 (2018). <https://doi.org/10.1186/s41747-018-0061-6>
- / Mazurowski MA, Buda M, Saha A, Bashir MR. Aprendizaje profundo en radiología: una descripción general de los conceptos y un estudio del estado del arte con foco en la resonancia magnética. J Magn Reson Imaging. 2019 Abr;49(4):939-954. doi:10.1002/jmri.26534. Publicación electrónica 21 de diciembre de 2018. PMID: 30575178; PMCID: PMC6483404.
- / Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Inteligencia artificial en radiología. Nat Rev Cancer. Agosto de 2018;18(8):500-510. doi: 10.1038/s41568-018-0016-5. PMID: 29777175; PMCID: PMC6268174.
- / Kelly BS, Judge C, Bollard SM, Clifford SM, Healy GM, Aziz A, Mathur P, Islam S, Yeom KW, Lawlor A, Killeen RP. Inteligencia artificial en radiología: una revisión sistemática y evaluación de métodos (RAISE). Eur Radiol. 2022 Nov;32(11):7998-8007. doi: 10.1007/s00330-022-08784-6. Publicado electrónicamente el 14 de abril de 2022. Fe de erratas en: Eur Radiol. 20 de mayo de 2022;: PMID: 35420305; PMCID: PMC9668941.
- / Kulkarni S, Seneviratne N, Baig MS, Khan AHA. Inteligencia artificial en medicina: ¿dónde estamos ahora? Acad Radiol. 2020 enero;27(1):62-70. doi: 10.1016/j.acra.2019.10.001. Publicación electrónica 19 de octubre de 2019. PMID: 31636002.

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

**ESQUEMA DEL
CAPÍTULO:**

Introducción

Fundamentos de la
inteligencia artificial

Temas avanzados en
inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a
casa

Referencias y lecturas
adicionales

Pon a prueba tus
conocimientos

/ Pon a prueba tus conoci- mientos

/ Pon a prueba tus conocimientos

/ IA en Radiología

<?> PREGUNTA

1

¿Qué es VERDAD acerca de las redes neuronales profundas?

- ☐ Su éxito se debe a un mejor hardware (tarjetas gráficas) especializado en operaciones matriciales.
- ☐ Se necesitan neuronas biológicas artificiales, altamente interconectadas, para funcionar.
- ☐ Son la única forma de aprendizaje automático
- ☐ Necesita la extracción y codificación manual del conocimiento.

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Pon a prueba tus conocimientos

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

<?> RESPUESTA

1

¿Qué es VERDAD acerca de las redes neuronales profundas?

- Su éxito se debe a un mejor hardware (tarjetas gráficas) especializado en operaciones matriciales.
- ☐ Se necesitan neuronas biológicas artificiales, altamente interconectadas, para funcionar.
- ☐ Son la única forma de aprendizaje automático
- ☐ Necesita la extracción y codificación manual del conocimiento.

/ Pon a prueba tus conocimientos

/ IA en Radiología

<?> PREGUNTA

2 Los diferentes métodos de aprendizaje automático son:

- ☐ Aprendizaje precodificado y poscodificado
- ☐ Aprendizaje de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo
- ☐ Aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado y aprendizaje por refuerzo
- ☐ Aprendizaje de un solo disparo y aprendizaje de múltiples disparos

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Pon a prueba tus conocimientos

/ IA en Radiología

<?> RESPUESTA

2 Los diferentes métodos de aprendizaje automático son:

- ☐ Aprendizaje precodificado y poscodificado
- ☐ Aprendizaje de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo
- ☒ Aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado y aprendizaje por refuerzo
- ☐ Aprendizaje de un solo disparo y aprendizaje de múltiples disparos

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Pon a prueba tus conocimientos

/ IA en Radiología

<?> PREGUNTA

3 ¿Qué es VERDAD acerca del intercambio de datos?

- ☐ La anonimización permite compartir datos de forma segura y retroceder hasta los datos originales del paciente.
- ☐ Los datos seudónimos se consideran datos personales según el RGPD.
- ☐ Para fines de atención sanitaria los datos del paciente pueden ser procesados sin consentimiento.
- ☐ El software no siempre está incluido en el MDR.

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Pon a prueba tus conocimientos

/ IA en Radiología

<?> PREGUNTA

3 ¿Qué es VERDAD acerca del intercambio de datos?

- ☐ La anonimización permite compartir datos de forma segura y retroceder hasta los datos originales del paciente.
- ☒ Los datos seudónimos se consideran datos personales según el RGPD.
- ☐ Para fines de atención sanitaria los datos del paciente pueden ser procesados sin consentimiento.
- ☐ El software no siempre está incluido en el MDR.

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Pon a prueba tus conocimientos

<?> PREGUNTA

4

Respecto a la evaluación de algoritmos, ¿cuál de las siguientes es una métrica adecuada para evaluar una tarea de segmentación?

- ☐ Error cuadrático medio
- ☐ Precisión
- ☐ Puntuación F1
- ☐ Coeficiente de similitud de datos

/ IA en Radiología

ESQUEMA DEL
CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la
inteligencia artificial

Temas avanzados en
inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a
casa

Referencias y lecturas
adicionales

**Pon a prueba tus
conocimientos**

/ Pon a prueba tus conocimientos

/ IA en Radiología

<?> RESPUESTA

4

Respecto a la evaluación de algoritmos, ¿cuál de las siguientes es una métrica adecuada para evaluar una tarea de segmentación?

- ☐ Error cuadrático medio
- ☐ Precisión
- ☐ Puntuación F1
- ☒ Coeficiente de similitud de dados

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Pon a prueba tus conocimientos

/ IA en Radiología

<?> PREGUNTA

5

En cuanto a las aplicaciones de aprendizaje profundo en imágenes médicas, dividir una imagen en múltiples regiones, donde cada región corresponde a un objeto o clase en particular, es un ejemplo de:

- ☐ Clasificación
- ☐ Mejora de imagen
- ☐ Detección
- ☐ Segmentación

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

/ Pon a prueba tus conocimientos

/ IA en Radiología

<?> RESPUESTA

5

En cuanto a las aplicaciones de aprendizaje profundo en imágenes médicas, dividir una imagen en múltiples regiones, donde cada región corresponde a un objeto o clase en particular, es un ejemplo de:

- ☐ Clasificación
- ☐ Mejora de imagen
- ☐ Detección
- ☒ Segmentación

ESQUEMA DEL CAPÍTULO:

Introducción

Fundamentos de la inteligencia artificial

Temas avanzados en inteligencia artificial

Aspectos futuros

Puntos para llevar a casa

Referencias y lecturas adicionales

Pon a prueba tus conocimientos

