

Investigación en IA

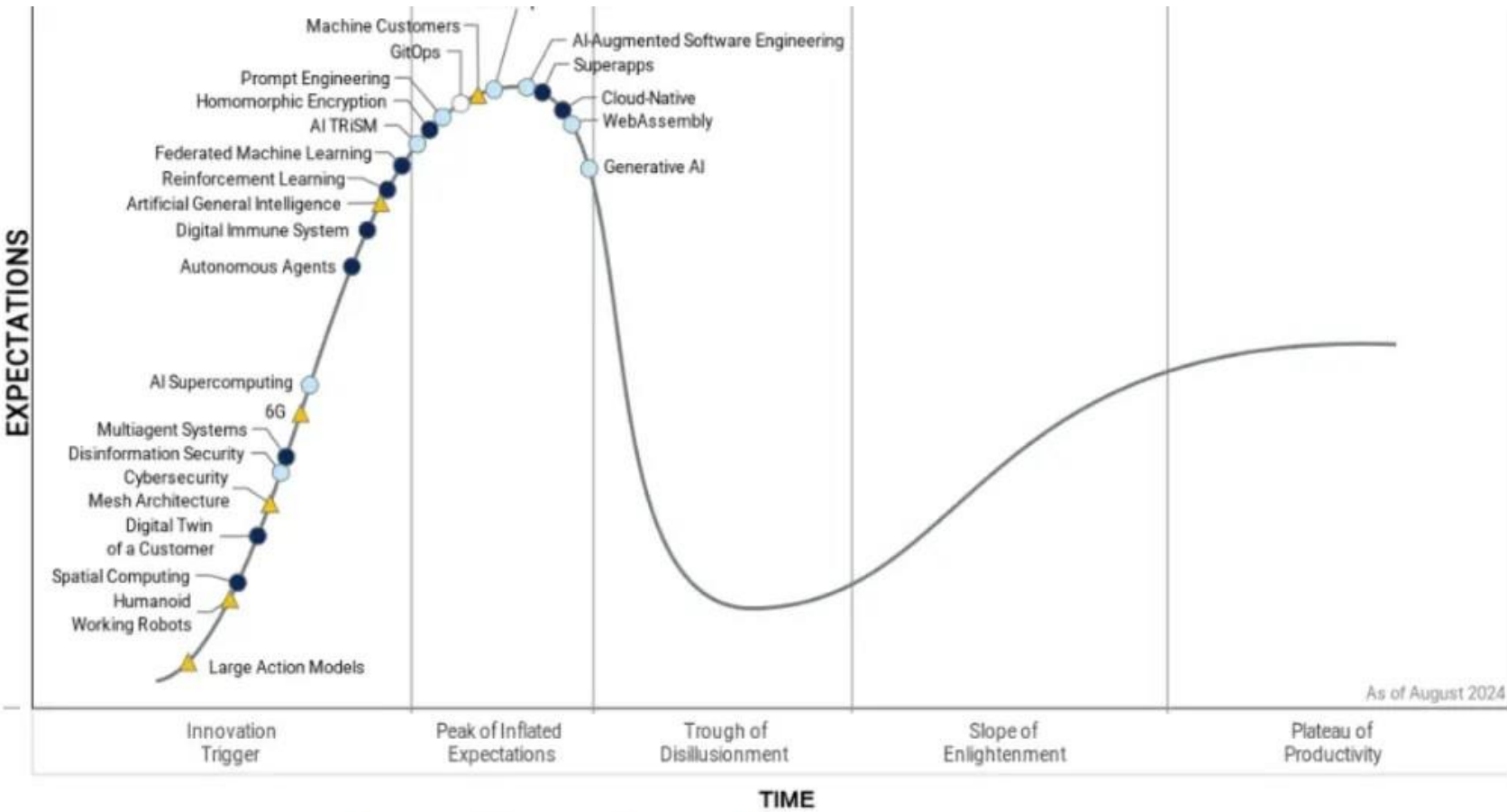
Últimos avances en la UITeS del ISCIII

Ricardo Sánchez de Madariaga
16 de enero de 2025

Investigación en IA

Curva del 'hype'

- Definición más o menos formal
 - Dimensión 1
 - Forma de actuar de los humanos
 - Concepto ideal de inteligencia: racionalidad
 - Dimensión 2
 - Procesos mentales de razonamiento
 - Forma de actuar o conducta
- IA ha acompañado y a veces liderado el desarrollo de la Ciencia de la Computación desde la Segunda Guerra Mundial
- Importancia de las ganas de avanzar en investigación
- Vaivenes y altibajos de la curva del 'hype'
 - Naturaleza de la investigación



As of August 2024

Plateau will be reached: ○ <2 yrs. ● 2-5 yrs. ● 5-10 yrs. ▲ >10 yrs. ⊗ Obsolete before plateau

Ciclo del 'hype' en tecnologías emergentes (Gartner)

Investigación en IA

Breve historia

- Breve historia de lo que ya se ha hecho en IA desde su inicio en la II Guerra Mundial
- Bases sentadas en Europa
- Pero en la práctica desarrollado en Estados Unidos

- 1943 Primer trabajo de IA por Warren McCulloch y Walter Pitts
 - Fisiología de las neuronas cerebrales
 - Lógica proposicional de Russell y Whitehead
 - Teoría de la computación de Turing (Nótese: todos europeos)
- 1949 Regla de actualización para modificar las intensidades de las conexiones entre neuronas de Hebb
 - Vigente en la actualidad
- 1951 Primera red neuronal completa construida por Minsky y Edmonds
 - 3000 válvulas de vacío
 - Mecanismo de un piloto automático de un bombardero B-24 para simular 40 neuronas
 - Tribunal de doctorado en matemáticas de Princeton de Minsky consideró que era difícil considerarlo un trabajo matemático
 - John von Neumann: “si no lo es actualmente, algún día lo será”

- 1956 Taller de Darmouth organizado por McCarthy
 - Newell y Simon acaparan la atención con su TL (Teórico Lógico)
 - Capaz de razonar de forma ‘no numérica’ (hasta entonces sólo aritmética)
 - Demostraba teoremas de los ‘Principia Matemática’ de Russell y Whitehead
 - Bertrand Russell les felicitó cuando el TL demostraba más rápido que los PM
 - La *Journal of Symbolic Logic* rechazó su artículo sobre el TL
 - Resultado del taller: Término *Inteligencia Artificial* (1956) por el propio McCarthy

Investigación en IA

Un éxito tras otro

- Sólo aritmética, no ‘tareas’
 - Turing había propuesto una lista de ‘tareas’
 - Investigadores en IA: una ‘tarea’ detrás de otra
 - McCarthy: época de “¡Mira mamá, ahora sin manos!”
- 1961 Newell y Simon (TL) crean el SRGP, sistema de resolución general de problemas
 - Título pretencioso
 - Más símbolos en vez de aritmética
- 1952 juego de damas
 - Echa por tierra la idea de que los ordenadores sólo pueden hacer lo que se les dice: el programa aprendió a jugar mejor que su creador

Investigación en IA

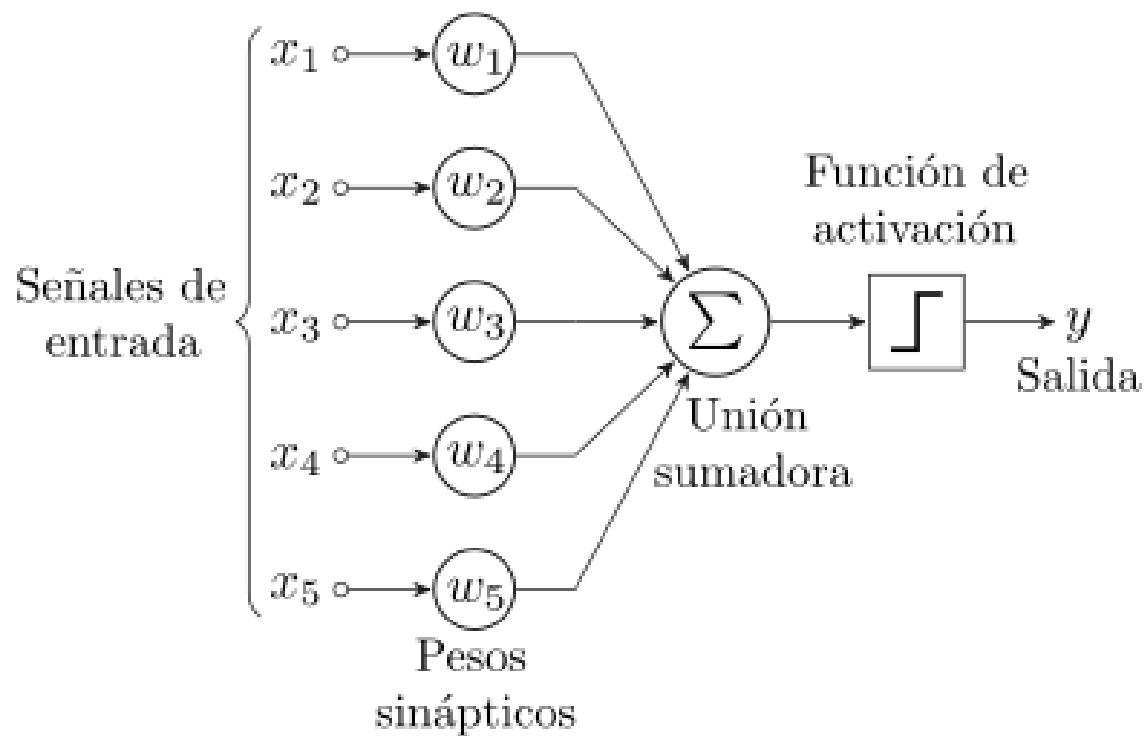
Un éxito tras otro

- LISP, lenguaje de alto nivel por McCarthy
 - Recursos escasos, inventa el tiempo compartido
 - Varios usuarios pueden compartir simultáneamente CPU
- Generador de Consejos, McCarthy
 - Conocimiento del mundo y razonamiento
 - Nuevos axiomas de conocimiento sin necesidad de reprogramar
- Micromundos supervisados por Minsky
 - Trabajos de estudiantes sobre problemas limitados
 - Más famoso: mundo de bloques
 - 1971 visión y propagación de restricciones
 - 1970 teoría del aprendizaje
 - 1972 comprensión de lenguaje natural

Investigación en IA

Un éxito tras otro

- 1960 algoritmo de Widrow de Redes Neuronales
- 1962 Perceptron de Frank Rosenblatt red neuronal en la que se basan todas las actuales
- 1957 Simon (TL) había dicho que se podría hacer cualquier cosa en un “futuro previsible”



Perceptron de una sola capa (Wikimedia)

Investigación en IA

Realidad

- Primeros sistemas fallaron estrepitosamente en problemas más variados o de mayor dificultad (no de juguete)
 - Poco conocimiento de la materia de estudio
 - Traducción del ruso al inglés: “el espíritu es fuerte pero la carne es débil” por “el vodka es bueno pero la carne está podrida”
 - Se canceló todo el patrocinio del gobierno de EEUU
 - Problema intratables
 - Se resolvían problemas experimentando con diversos pasos cada vez más hasta llegar a una solución
 - Funcionaba porque los micromundos tenían muy pocos objetos
 - Se creía que para “aumentar” el tamaño de los programas bastaba con hacer HW más rápido y con más memoria
 - Todavía no se conocía la “trampa del SW” (complejidad del problema)
 - 1973 gobierno británico retiró toda ayuda a la investigación sobre IA
 - 1969 Minsky publicó un artículo que demostraba que los perceptrones eran incapaces de clasificar problemas básicos no lineales (puerta XOR)

- “Sistemas débiles” fueron mejorados aportando conocimiento del dominio
 - DENDRAL (problema de inferir una estructura molecular a partir de su espectro de masas) por Feigenbaum (discípulo de Simon)
 - Conocimiento almacenado en forma de reglas (“recetas de cocina”)
 - Se separaba del razonamiento, como McCarthy en el Generador de Consejos
- Feigenbaum inició el llamado Proyecto de Programación Heurística (PPH)
 - Desembocó en los primeros sistemas expertos en medicina y lenguaje natural

Investigación en IA

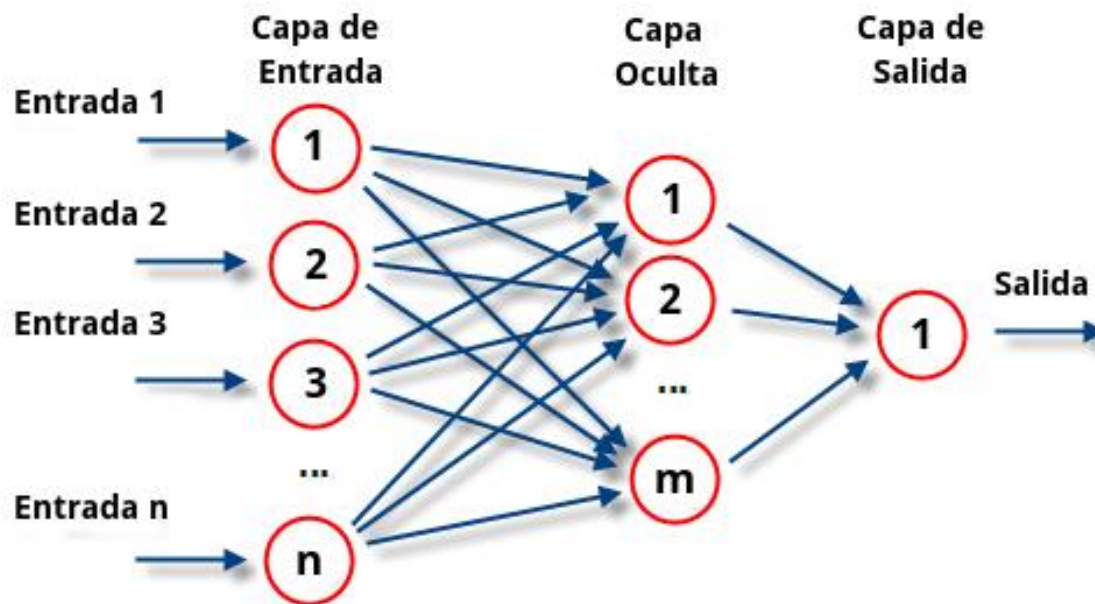
IA, industria

- 1982
 - Primer sistema experto comercial de éxito
 - Pedidos de nuevos sistemas informáticos de Digital Equipment Corporation (DEC)
 - Ahorraba 40 millones de USD a la compañía
 - En 1988 la división de IA de DEC había sacado más de 40 sistemas expertos
- 1981 Japón lanza el proyecto “Quinta generación” para ordenadores inteligentes
- Nuevo informe en UK restaura el patrocinio de la IA
- 1981 a 1988 se pasa de pocos millones a billones de dólares
- Volvemos a la curva del ‘hype’ y llegó el “invierno de la IA”
 - Las empresas no fueron capaces de desarrollar los “extravagantes” productos prometidos

Investigación en IA

Milagro en 1986

- Al menos 4 grupos distintos simultáneamente reinventaron el algoritmo de aprendizaje de retroalimentación (backpropagation)
 - Permitía a las redes neuronales como el Perceptron de varios niveles superar el problema de clasificación no lineal señalado por Minsky en 1969
- Irónicamente el algoritmo había sido mencionado por primera vez de pasada por Bryson y Ho precisamente en 1969 y nadie se había dado cuenta
- Redes neuronales renacen hasta hoy en día



Perceptron multicapa (Wikimedia)

Investigación en IA

IA se convierte en ciencia

- La IA se convierte en una ciencia (1987)
 - Teorías existentes más que completamente novedosas
 - Rigurosos teoremas o sólidas pruebas experimentales más que intuición
 - Aplicaciones del mundo real más que ejemplos de juguete
- IA nació como rebelión contra campos establecidos (teoría de control, estadística)
 - Ahora abarca esos campos: teoría de la información, sistemas estocásticos, optimización clásica y control, razonamiento automático con métodos formales
- Por ejemplo las Redes Neuronales ahora están plenamente integradas en la estadística y el Machine Learning, todas como disciplinas científicas donde elegir una solución a un problema concreto

La IA en la investigación

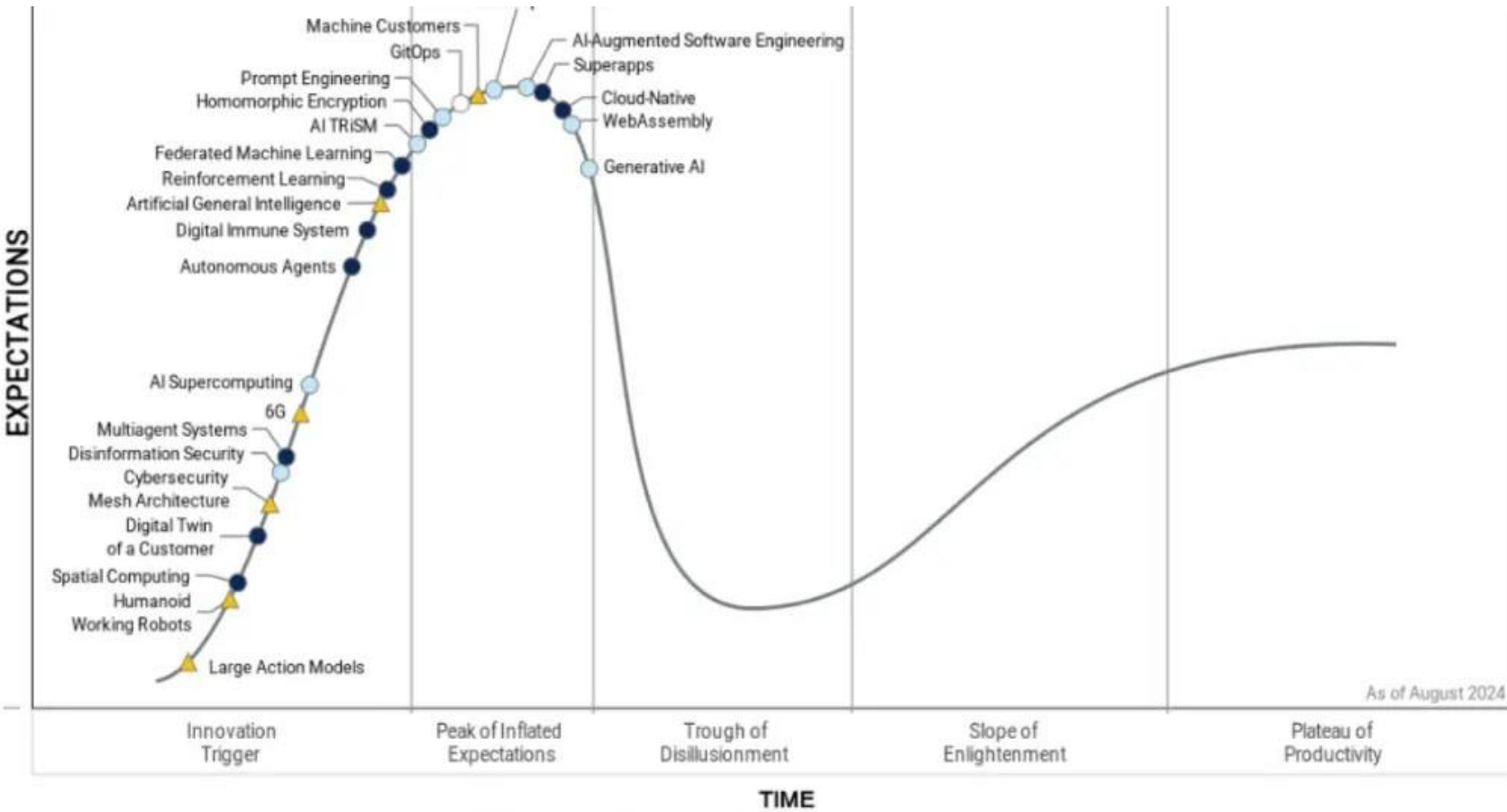
Chat GPT

- La IA existe desde la II Guerra Mundial y el ML se aplica desde hace más de 20 años, sin embargo la aparición de Chat GPT en 2022 ha puesto la IA en el centro de atención, también en investigación
- Chat GPT ha dado un golpe de efecto entre otras cosas porque se puede utilizar para muchas más cosas además de la investigación
- Además se utiliza por los propios investigadores no sólo en aspectos muy puntuales de la investigación en la que se requiere conocimiento muy específico para apoyar un determinado experimento, sino también en cuestiones del día a día simplemente para orientar al investigador en nuevos campos colindantes que a lo mejor no domina a la perfección

La IA en la investigación

Chat GPT y la curva del 'hype'

- Igual que siempre en IA, Chat GPT acaba de pasar la primera fase de la curva del 'hype' (literalmente 'bombo publicitario')
- Curva del 'hype': toda innovación emergente pasa por un período de expectativas sobredimensionadas, antes de caer en un 'valle de la decepción' en que la mayoría de las promesas caen en saco roto. Finalmente, llega la consolidación como tecnología madura y su verdadero valor a futuro
- En un informe de septiembre de 2024 de la firma de análisis Gartner, después de la revisión del verano, ha concluido que la IA generativa ya empieza a descender por el valle de la decepción. Y es una señal positiva porque significa que comenzamos a dejar lastre y humo a un lado
- Según Gartner esta tecnología llegará a su culmen en 2-5 años



Ciclo del 'hype' en tecnologías emergentes (Gartner)

La IA en la investigación

Chat GPT: problemas secundarios

- 175.000 millones de parámetros cuestan millones de dólares en infraestructura HW (las conocidas GPU de Nvidia)
- Sólo el entrenamiento de GPT-3 costó 1.287 MWh de energía eléctrica
- La propia sostenibilidad financiera de esta tecnología está en juego
- Los actuales LLM no son capaces de mantener la coherencia a largo plazo de sus respuestas. En 'razonamientos' complejos cometen errores de bulto y alucinaciones de toda índole. Y se heredan los sesgos de los datos con que han sido entrenados. La nueva versión o1 sigue sin ser capaz de razonar, pero revisa y se equivoca menos
- Finalmente, no sabemos qué hacen ni cómo lo hacen, es decir, necesitamos una IA explicativa

La IA en la investigación

Chat GPT: problema fundamental

- La explicación científica fundamental es que hay limitaciones del lenguaje natural a nivel intrínseco
- Se podrían resumir en: “No todo lo que se piensa se puede expresar en lenguaje natural”
- Esto ha sido ampliamente estudiado por lógicos franceses desde los años 60 basándose entre otras cosas en consecuencias del teorema de incompletitud de 1931 de Goedel (nótese otra vez: todos europeos)

Investigación en IA

Nueva área de investigación en la UITeS

- Chat GPT apareció en América, donde se hacen los desarrollos prácticos
- Sin embargo, me gustaría también reivindicar aquí lo que hacemos en Europa, que es quizá más fundamental pero menos práctico y vistoso, aunque seguramente no podemos competir con la capacidad empresarial de las grandes tecnológicas americanas

Investigación en IA

Nueva área de investigación en la UITEs

- Nueva área de investigación en la UITEs del ISCIII que podríamos considerar básica
- Metodología que utiliza ML para extraer conocimiento médico nuevo a partir de los datos
- No se trata de un sistema que usa datos para predecir o diagnosticar enfermedades o tratamientos, de esos ya se han hecho muchos
- Sino para extraer conocimiento científico del concepto de los datos, ya que un dataset representa o alberga un concepto o un trozo de conocimiento
- Hasta ahora se hacía con la estadística clásica, no con ML

- Datasets formados por filas (pacientes) y columnas (features)
- Metodología DFS para generar datasets en la misma distribución de probabilidad
- Se hacen experimentos de ML (6 algoritmos de diferentes familias científicas) con subconjuntos de columnas (3, 4, 5 y 6)

Investigación en IA

Metodología para extraer conocimiento con ML

- Pregunta de investigación: ¿Significa una mejor precisión de clasificación una mayor relevancia de conocimiento del subconjunto de columnas usadas en el experimento?

- Best Classifying (BC) Hypothesis

Investigación en IA

Metodología para extraer conocimiento con ML

- Metodología para evaluar la 'bondad' de la clasificación objetivamente (OLA)
- Metodología para obtener una medida objetiva de la relevancia de conocimiento

- Metodología para evaluar la 'bondad' de la clasificación objetivamente (OLA)
- Listas ordenadas por precisión de subsets de 3, 4, 5 y 6 características
- No hay algoritmos mejor que otros y todos dan resultados diferentes: se calcula la media
- Posición normalizada en las listas ordenadas por precisión de clasificación

...	(3,5,11)	(3,4,11)	(1,3,4)	(3,4,12)	(3,4,10)	(3,4,9)	(3,4,7)	(3,4,6)	LR
...	(3,4,5)	(1,3,4)	(3,4,6)	(3,5,9)	(3,4,5)	(3,4,11)	(3,4,7)	(3,4,9)	NB
...	(3,4,5)	(3,5,8)	(3,5,11)	(3,4,11)	(3,4,6)	(1,3,4)	(3,5,9)	(3,4,9)	SVM
...	(3,7,8)	(3,6,7)	(1,3,7)	(3,6,8)	(3,5,7)	(3,4,6)	(1,3,5)	(3,4,10)	MLP

- Medida objetiva de la relevancia de conocimiento
- Relación de sinergia entre parejas de columnas
- Preguntamos a chat GPT:
 - ¿Existe una relación de sinergia entre la anemia y la diabetes para padecer insuficiencia cardíaca?
- En vez de estudiar cientos de artículos científicos médicos de PUBMED que nos llevaría meses
- Usamos Chat GPT que puede estar entrenado por los propios artículos de PUBMED o similares

Investigación en IA

Metodología para extraer conocimiento con ML

- Para ver cómo de relevantes son los subconjuntos de features mejor clasificados (que están ordenados para cada algoritmo) miramos la posición en las listas de las parejas de features relevantes según chat GPT
- Gana el algoritmo que tenga el máximo, sería el algoritmo que mejor clasifica subsets relevantes

- Nos dimos cuenta de que para cada distribución de probabilidad hay siempre un algoritmo de ML específico que sí clasifica mejor los subconjuntos relevantes de conocimiento
- Este algoritmo gana en más datasets a todos los demás juntos
- Por ejemplo si la distribución de probabilidad tiene 10 datasets, SVM gana en 7, KN en 2 y LR en 1 (datos reales)

- Esto significa que el algoritmo ganador tiene un significado estadístico, es decir no es un resultado aleatorio
- Lo confirmamos calculando la correlación de Pearson entre el conjunto de datasets donde gana y el conjunto del resto de datasets
- Los datasets donde gana el algoritmo vencedor tienen menor colinearidad
- El Test Fisher Z para la correlación confirma las diferencias de linealidad entre los dos subconjuntos, con p-values menores de 0.05 (diferencias significativas estadísticamente)
- Algoritmos no lineales lo hacen mejor en conjuntos no lineales que algoritmos lineales en datos lineales

- La hipótesis BC no se cumple objetivamente
- La hipótesis BC se cumple 'subjetivamente' para un determinado algoritmo de ML de naturaleza intrínseca para cada distribución de probabilidad
- Podemos identificar el algoritmo apropiado a cada dataset mimetizando el proceso de codificar el conocimiento médico en parejas de features
- Algunas veces gana LR que representa la estadística clásica
- Otras veces ganan otros algoritmos de ML como SVM, MLP, NB, DT o KN

Investigación en IA

Metodología para extraer conocimiento con ML

- Herramienta poderosa basada en ML para extraer masivamente conocimiento médico a partir de datasets

Gracias por su atención

Ricardo Sánchez de Madariaga
ricardo.sanchez@isciii.es



A word cloud of terms related to telemedicine and digital health. The most prominent words are 'Telemedicina' and 'eSalud'. Other visible terms include 'Pacientes', 'Monitorización', 'Crónicos', 'Interoperabilidad', 'eHealth', 'Mayores', 'Dispositivos', 'eHospital', 'Accesibilidad', 'Sensorización', 'Rehabilitación', 'Discapacidad', 'HL7', 'Dispositivos', 'IEEE/ISO1073', 'UNE-EN/ISO13606', 'Internet', 'Servicios', and 'Educación'.



uites Unidad de Investigación en
Telemedicina y Salud Digital