

1. Panorama de la IA

José J. Martínez P.

josejesusmp@gmail.com

Agosto 2023

Un acercamiento a la IA

La IA se ha convertido en el paradigma de la nueva ingeniería, pues en la era que estamos viviendo no se puede concebir un nuevo producto o servicio que no incluya alguna de sus técnicas ya sea en su diseño, en su proceso de construcción o en su operación. Por otra parte, el desarrollo tecnológico conlleva necesariamente un cambio a nivel de comportamiento social producto de la utilización masiva de la tecnología, lo que ha a su vez lleva a una mayor utilización de estas técnicas.

Una primera definición es la de IA ancha y de IA estrecha. La IA ancha busca que todo un gran sistema funcione con IA, es decir la automatización completa, por ejemplo, de una ciudad usando IA. Esta todavía es una meta a largo plazo y muchos autores consideran imposible de lograr, aunque si bien ya hay algunos proyectos que se han comenzado a construir como el proyecto Arup en el Valley Cloud en el sur de China, del que se considera que todavía falta mucha interoperabilidad. De manera que lo que se trabaja actualmente es la IA estrecha, el uso de IA para la solución de problemas aislados, específicos. Por ejemplo, la traducción automática o la optimización de un proceso. Así que cuando hablamos de IA en el contexto actual hablamos de IA estrecha.

Los desarrollos especialmente en Machine Learning ML, llevados directamente a la sociedad están cambiando las formas de ver el mundo de las personas a nivel planetario. Aplicaciones de IA Generativa como Chat-GPT, amenazan el sistema de educación, el sistema de justicia, muchos puestos de trabajo. Vivimos actualmente momentos de verdadera revolución por la disponibilidad y utilización de estas herramientas.

Sin embargo, aún no se ha establecido un concepto que unifique una definición de IA, pues claramente hay muchos puntos de vista. Para enfrentar el reto de la IA hay varios enfoques. Con la construcción del primer computador americano en 1943, se concretaron las posibilidades de implementar procesos de razonamiento humano, que inspiraron a varios científicos a discutir la posibilidad de llegar a un "cerebro electrónico". El término Inteligencia Artificial fue acuñado en 1956, en un taller realizado en Dartmouth College, al que asistieron muchos de los que posteriormente fueron los líderes en investigación en este campo, como H. Simon, J. McCarthy, C. Shannon, A. Newell y M. Minsky.

1. Enfoques para afrontar la IA

1.1 Pensar Humanamente

Si decimos que un programa piensa como un humano, debemos tener alguna forma de determinar cómo piensa un humano. Así que se necesita entrar en el trabajo real de cómo funciona la mente humana. La mejor forma de hacerlo es a través de experimentación psicológica. Una vez se tenga una teoría precisa y suficiente de la mente, se vuelve posible expresar la teoría como un programa de computador. Si la entrada/salida y el comportamiento en el tiempo concuerdan con el

comportamiento humano, esta es una evidencia de que algunos mecanismos del programa pueden operar en los humanos. El campo interdisciplinario de la ciencia cognitiva reúne modelos computacionales a partir de la IA y de técnicas experimentales de la psicología para tratar de construir teorías precisas y probables del trabajo de la mente humana.

1.2 Inteligencia Artificial Simbólica

Como vimos, Aristóteles fue el primero en tratar de codificar el “pensamiento correcto”, esto es, procesos de razonamiento irrefutables. Sus famosos silogismos proveen patrones de estructuras de argumentos, que siempre llevan a conclusiones correctas a partir de premisas correctas. Según la concepción de 1965, los programas podrían, dándoles el tiempo y la memoria suficiente, tomar la descripción de un problema en notación lógica y encontrar su solución, si existía. Esta se conoce como IA simbólica.

Sin embargo, este enfoque tiene un obstáculo importante, en la gran generalidad de casos, no es fácil a partir de conocimiento informal, establecer ese conocimiento en términos formales, en notación lógica.

1.3 El enfoque de agentes

En este enfoque, la IA se ve como el estudio y construcción de agentes inteligentes. En el enfoque de IA simbólica, todo el énfasis está en las inferencias correctas. Un agente inteligente puede hacer inferencias correctas, debido a que una forma de actuar racionalmente es razonar lógicamente para llegar a la conclusión, de que dada una acción se llegará a las metas que uno ha definido, y luego actuar sobre esa conclusión.

De la figura 1.1, podemos observar que un agente inteligente es un ente que percibe y actúa. El ambiente produce mucha información, que el agente percibe y que filtra la información pertinente a través de sus sensores, que llega a su modelo mental, que la analiza y decide ordenar a los actuadores ejecutar acciones.

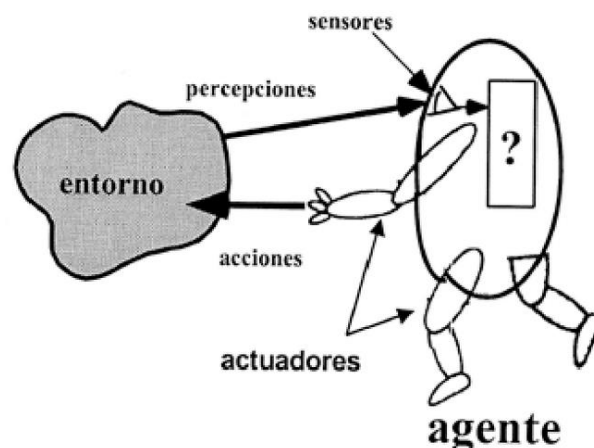


Figura 1.1. Un agente inteligente.

Algo interesante de observar también en la figura 1.1 es la connotación humanoide del agente. Algo que de alguna manera lo podemos asumir al vernos como agentes inteligentes: con base en nuestro

modelo interno recibimos la información que nos provee el medio ambiente, filtrada por nuestros sensores, la procesamos y la interpretamos para tomar nuestras decisiones, en espera de obtener algún tipo de recompensa.

1.4 Sistemas bio-inspirados

Cuando observamos los seres vivos, encontramos que existe una gran diversidad de especies, que aprovechan diversos nichos ecológicos para mantenerse y reproducirse. Cada ser es autónomo, capaz de autoorganizarse y crear estrategias, para mantenerse vivo y lograr enviar su información genética al futuro. Su lucha permanente con un entorno incierto, la generación de estrategias para atrapar a presas o para eludir predadores, son todas acciones “inteligentes”. La observación de estos comportamientos y de sus procesos, para la solución de los problemas que enfrentan, permite pensar en el desarrollo de herramientas de IA.

1.5 El enfoque de datos

Los datos, provienen de hechos reales, irrefutables, que de una u otra manera han sucedido, son verdades. Podemos usarlos para solucionar problemas complejos, ¿que solo soluciona el humano?. Esto ha llevado al desarrollo de nuevas ciencias y tecnologías como la Ciencia de Datos, el Big Data e incluso la Física Social.

Con esta disponibilidad de datos, a través de su estudio, procesamiento y análisis, no solamente se construyen modelos predictivos de sistemas bastante complejos, sino también se obtienen ideas útiles, es lo que se conoce como Machine Learning, ML. Este ML es tan importante en este momento que en algunos ambientes se toma como toda la IA, cuando realmente es solo un subcampo.

3. Pero ¿qué es inteligencia?

Entre las diferentes definiciones de inteligencia se pueden resaltar algunas frases: mayor importancia para la vida práctica; aprender o sacar provecho de la experiencia; adaptarse adecuadamente; aprendió o puede aprender; resolver problemas nuevos; superar obstáculos; adaptarse y prosperar en cualquier entorno dado. Estas frases conllevan metas, aprendizaje, memoria, adaptación e incertidumbre sobre el ambiente.

Sin embargo, no aparece la variable tiempo, básica a la “inteligencia”. Por lo que incluimos un sinónimo como “rápidamente” y decir: adaptarse adecuadamente rápidamente; ha aprendido o puede aprender rápidamente; resolver problemas nuevos rápidamente; adaptarse y prosperar en cualquier entorno rápidamente. Aunque es claro que en algunos casos no funcione tan bien.

Por otra parte, una de las estrategias de la biología, para lograr la creación del individuo, ha sido la de proveer miles de soluciones al problema de la incertidumbre del ambiente. De esta manera, algunas de esos miles de soluciones, un muestreo de la explosión exponencial de soluciones podrá interactuar exitosamente con ese ambiente y enviar su información genética al futuro, mientras las otras simplemente fracasarán en el proceso.

4. Sistemas

Un **sistema** es un conjunto de elementos, componentes, subsistemas, agentes; que están ligados a través de enlaces, vecindades, canales; de alguna manera. Esta ligazón genera un comportamiento

nuevo, **emergente**, que generalmente no es propio de ninguno de los elementos o agentes que componen el sistema.

4.1 Modelo de sistema matemático generalizado

Veamos un modelo matemático generalizado de lo que es un sistema, considerando sus agentes, sus relaciones y cómo se relaciona el comportamiento de los agentes con el comportamiento global del sistema. Como modelo abstracto es aplicable a cualquier sistema.

Un sistema S se puede definir como el par $S = \{A, R\}$, donde A es el conjunto de agentes que conforman el sistema y R es el conjunto de relaciones o enlaces existentes entre los agentes A del sistema S .

Se define Q como alguna medida del comportamiento emergente del sistema S , a partir de los comportamientos q de cada uno de los componentes A del sistema S , que expresamos como¹:

$$Q = f(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

Donde q_i es el comportamiento del agente a_i para $i = 1, \dots, n$

Ahora para encontrar el comportamiento dinámico del sistema S en el tiempo, en función del cambio de comportamiento de cada uno de los agentes, hacemos:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{df}{dq_1} \frac{dq_1}{dt} + \frac{df}{dq_2} \frac{dq_2}{dt} + \dots + \frac{df}{dq_n} \frac{dq_n}{dt}$$

Por otro lado,

$$\frac{dq_1}{dt} = f'(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

$$\frac{dq_2}{dt} = f'(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

...

$$\frac{dq_n}{dt} = f'(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

Es claro que el resultado de la derivada es diferente para el cambio de comportamiento de cada agente. Entonces ahora, vamos a clasificar **todos** los sistemas a partir de estas ecuaciones, en: Sistemas Simples, Sistemas Complicados, Sistemas Caóticamente Desorganizados y Sistemas Complejos.

Sistemas Simples

En los sistemas simples, $S_s = \{A_s, R_s\}$, el número de agentes A_s es muy bajo, del orden de 2 o 3 o máximo 4 agentes y el conjunto de relaciones entre esos agentes R_s está definido formalmente, matemáticamente. Además, se conoce el comportamiento de cada agente. Luego no hay ningún problema en encontrar cambios o hacer predicciones en el sistema cuando cambia alguno de los agentes. Por ejemplo, todos los sistemas eléctricos, están compuestos de

¹ Ecuación 3.1, página 56, General Systems Theory, L. von Bertalanffy, 1968

tres agentes fundamentales: resistencias, condensadores y bobinas. Veamos la ecuación que incluye estos tres elementos en una malla figura 3.1, que tiene una fuente (t):

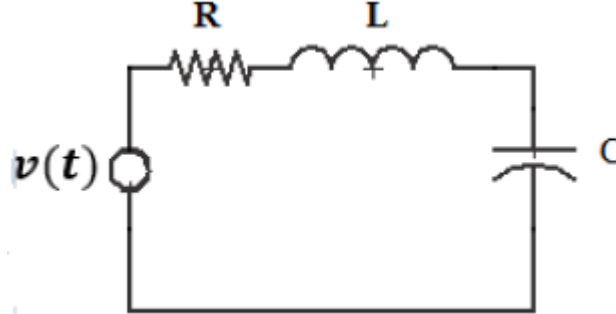


Figura 1.4. Circuito eléctrico con los tres agentes universales.

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i dt + v_c(t_0) = v(t)$$

Donde R es la resistencia, L es la inductancia de la bobina, C la capacitancia del condensador e i es la corriente que fluye por el circuito. (t_0) es la carga del condensador en tiempo cero. Donde sus agentes son R , L y C , con todos sus operadores lineales como son la multiplicación, la derivada y la integral. Los sistemas que se estudian en diferentes ramas de la ingeniería son sistemas lineales, a los que se ha llegado a través de diferentes abstracciones. Así en el caso de los sistemas mecánicos, muchas de sus ecuaciones son iguales a las de los circuitos eléctricos. De esta manera, tenemos que, para este tipo de sistemas, las analogías permiten el estudio de diferentes sistemas sin importar su composición física.

Sistemas Complicados

En los sistemas complicados, $S_c = \{A_c, R_c\}$, el número de agentes A_c no es muy alto; y el conjunto de relaciones R_c entre los comportamientos de los agentes es $= \{\emptyset\}$. Además de que el comportamiento de cada agente es independiente, también es constante. En otras palabras:

$$\frac{dq_1}{dt} = f'(q_1)$$

$$\frac{dq_2}{dt} = f'(q_2)$$

...

$$\frac{dq_n}{dt} = f'(q_n)$$

De manera que:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{df}{dq_1} f'(q_1) + \frac{df}{dq_2} f'(q_2) + \dots + \frac{df}{dq_n} f'(q_n)$$

El comportamiento dinámico del sistema depende del comportamiento de cada agente individual. Básicamente son los sistemas tecnológicos, contruidos por el hombre a través de procesos de ingeniería, siguiendo ciertos procedimientos y diseñados para un ambiente determinado. Su comportamiento no es lineal, pero es completamente predecible.

Por ejemplo, un carro. Está diseñado para que en el ambiente haya oxígeno disponible para que con el combustible explote en los cilindros del motor. Además, requiere una estructura de carreteras sobre las cuales se desplace con seguridad, siguiendo un reglamento de tránsito, a unas determinadas velocidades, llevando un determinado número de personas. El consumo de combustible es casi proporcional a los recorridos que realiza. Además, cuando un carro se daña, se siguen procedimientos muy precisos, complicados, pero que a la larga permiten su arreglo.



Figura 1.6. Sistemas complicados.

Es interesante observar que estas piezas se modelan en sistemas CAD, que obedecen a una serie de ecuaciones matemáticas. Son el producto de sistemas simples.

Sistemas Caóticamente Desorganizados

En los sistemas caóticamente desorganizados, $S_{cd} = \{A_{cd}, R_{cd}\}$, el número de agentes A_{cd} es alto o muy alto. El conjunto de relaciones R_{cd} entre los comportamientos de los agentes es $= \{\emptyset\}$. En estos sistemas cada agente se comporta de manera independiente de los otros agentes y su espacio de estados es el mismo. En momentos diferentes un agente que estaba en un estado puede cambiar a otro estado independientemente, de manera que, para este caso podemos suponer que sus comportamientos son similares, $f'(q_i) = f'(q)$.

$$\frac{dq_1}{dt} = f'(q)$$

$$\frac{dq_2}{dt} = f'(q)$$

...

$$\frac{dq_n}{dt} = f'(q)$$

De manera que:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{df}{dq_1} f'(q) + \frac{df}{dq_2} f'(q) + \dots + \frac{df}{dq_n} f'(q)$$

Entonces

$$\frac{dQ}{dt} = n \frac{df}{dq} f'(q)$$

Se ve aquí que el comportamiento de los sistemas caóticamente desorganizado es la sumatoria de los comportamientos de sus agentes, por eso para el estudio y predicción del comportamiento de estos sistemas se aplica toda la teoría estadística.



Figura 1.7. Sistemas caóticamente desorganizados

Sistemas Complejos

En los sistemas complejos, $S_{co} = \{A_{co}, R_{co}\}$, el número de agentes A_{co} es relativamente alto. El conjunto de relaciones R_c entre los comportamientos de los agentes no se puede plantear en términos formales dado que el comportamiento de un agente puede influir de diversas maneras en el comportamiento de otros agentes. Así que si tomamos:

$$\frac{dq_1}{dt} = f'(q_1, q_2, \dots, q_n)$$

Derivando

$$\frac{dq_1}{dt} = \frac{\partial f''}{\partial^2 q_1} \frac{\partial^2 q_1}{dt} + \frac{\partial f''}{\partial^2 q_2} \frac{\partial^2 q_2}{dt} + \dots + \frac{\partial f''}{\partial^2 q_n} \frac{\partial^2 q_n}{dt}$$

Ahora,

$$\frac{\partial^2 q_1}{dt} = \frac{\partial f'''}{\partial^3 q_1} \frac{\partial^3 q_1}{dt} + \frac{\partial f''}{\partial^3 q_2} \frac{\partial^3 q_2}{dt} + \dots + \frac{\partial f''}{\partial^3 q_n} \frac{\partial^3 q_n}{dt}$$

Podemos seguir derivando, no sabemos hasta donde, para tener el cambio de comportamiento de solo el agente q_1 del sistema. Lo mismo se debe considerar para el resto de los agentes del sistema. Y una vez tengamos todos esos comportamientos ver cómo se obtiene el comportamiento dinámico de todo el sistema. Dado que no podemos conocer estos comportamientos, tampoco podemos conocer el comportamiento global del sistema, en otras palabras, no podemos predecir, desde esta perspectiva, el comportamiento de un sistema complejo.

Complejidad computacional. Otro tipo de complejidad es la *complejidad computacional* que tiene que ver con el costo computacional en términos de tiempo de ejecución de un algoritmo. Casi que la totalidad de algoritmos que se ejecutan actualmente en los computadores tiene un tiempo de ejecución proporcional al número de transacciones o datos que procesan, es una relación lineal. Sin embargo, hay algoritmos cuyo tiempo de ejecución crece exponencialmente o más, con el número de transacciones o datos que procesan. Por ejemplo, en el Sudoku, el crecimiento es impresionante. Un sudoku de tamaño 2x2 tiene 288 diferentes combinaciones, mientras uno de 3x3, el más popular, tiene aproximadamente 6.7×10^{21} posibles configuraciones; y el de 4x4, tiene aproximadamente 6×10^{98} . Claramente encontrar la solución usando el método de fuerza bruta es imposible. Este es otro nicho donde se requieren técnicas de IA para la solución.

De manera que el nicho de aplicación de la IA es en los sistemas complejos y en sistemas cuya complejidad computacional es muy alta.

5. Ejercicios

1.1 Dé una definición propia de inteligencia artificial.

1.2 Vea el video que se encuentra en <https://www.youtube.com/watch?v=JsmKUCiPHUY&t=7s>.

Haga un análisis de lo discutido en el documento con respecto al video.

Con respecto al desarrollo del curso:

1. Crear un grupo de whatsapp del curso
2. Cuando se utilicen herramientas de IA Generativa, se deben anexar los resultados que les produce esa herramienta.
3. Crear un sitio en GitHub para la entrega de los documentos y los programas.
4. Los programas deben presentarse en Jupyter Notebook e ir documentados.

8. Bibliografía.

Adami, C., Introduction to Artificial Life, Springer-Verlag, 1998.

Braitenberg V, Vehicles, Experiments in Synthetic Psychology, MIT Press

Franco O., Escallon S., Estudio Básico de Vida Artificial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional, Bogotá, 1995.

Both A., Kuhn W., Matt Duckham, Spatiotemporal Braitenberg Vehicles.

Gribbin J., Deep Simplicity, Random House, 2004.

Langton, Christopher, Artificial Life, an Overview, A Bradford Book, MIT Press, 1995.

Legg S., Hutter M., A Collection of Definitions of Intelligence, IDSIA Switzerland, 2007.

Martínez J. J., Vida artificial, nuevos conceptos para la ingeniería, Revista Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional, Bogotá, 1999.

Martínez J. J., *Vida Artificial*. Revista de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional, Bogotá, Volumen 46, No. 2. Abril - Junio 1998.

Mijwel M. M., History of Artificial Intelligence, Universidad de Bagdad, 2015.

Mordechai Ben Ari, F. Mondada, Elements of Robotics, Springer Open, 2018

<https://www.youtube.com/watch?v=-lnHHWRCDGk>