

Khoa học các Hệ thống Tự chủ–Thông minh

Science of Autonomous–Intelligent Systems

Hồ Tú Bảo

**Viện Nghiên cứu cao cấp về Toán
Giám đốc Khoa học BKAI (HUST)**

Khoa học các Hệ thống Tự chủ–Thông minh

Science of Autonomous–Intelligent Systems

Bàn về sự phát triển và hội tụ của bốn lĩnh vực:
Khoa học hệ thống, Điều khiển học, Khoa học máy tính
và AI trong Khoa học các Hệ thống Tự chủ–Thông minh

Hồ Tú Bảo

Viện Nghiên cứu cao cấp về Toán
Giám đốc Khoa học BKAI (HUST)

Viện Khoa học và Công nghệ Tiên tiến Nhật Bản



Viện Nghiên cứu cao cấp về Toán



- Toán ứng dụng ĐHBKHN (1978); Trí tuệ nhân tạo ĐH Paris 6. (ThS 1984, TS 1987), TSKH (1998)
- Viện Hàn Lâm KH&CN VN (1979-1993), PGS (1991)
- GS, Japan Advanced Institute of Science and Technology (1993-2018), GS danh dự (từ 2018).
GD Data Science Lab, Viện nghiên cứu cao cấp về Toán (4.2018-)
- Thành viên Hội đồng tư vấn quốc gia về KH, CN, ĐMST, CDS.
- Nghiên cứu, giảng dạy, ứng dụng AI.

Điều khiển học (Cybernetics)

- Là ngành khoa học nghiên cứu các quá trình điều khiển, truyền thông và phản hồi của các hệ thống.
- Wiener: “Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine” (1948)
- Wiener: “The Human Use of Human Beings” (1950)
Cybernetics: Máy móc, sinh vật → Con người



Norbert Wiener (1894-1964)

Hệ thống (system) là một tập hợp các thành phần gắn kết, tương tác với nhau theo những quy luật nhất định để cùng thực hiện các mục tiêu chung.

CÂU HỎI TRUNG TÂM

“Làm sao để một hệ thống đạt được mục tiêu và duy trì hành vi mong muốn trong một môi trường luôn thay đổi?”



Điều khiển học: Nội dung (chức năng khoa học)

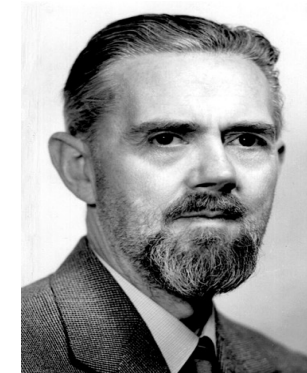
- **Phản hồi và Tính tự cân bằng** (Feedback & Homeostasis): Phản hồi âm, phản hồi dương → tự điều chỉnh đầu vào từ đầu ra → cân bằng động và ổn định trước biến động.
- **Thông tin, Truyền thông và Mức độ hỗn**: Mã hoá thông tin và truyền qua kênh nhiễu, giải mã và chuyển hóa thành quyết định → trật tự và cấu trúc của hệ thống.
- **Độ đa dạng cần thiết và Tự tổ chức** (Requisite Variety): Thiết kế bộ điều khiển có đủ “độ đa dạng” → chế ngự sự phức tạp của môi trường.
- **Tính tự sinh và Tính tự chủ** (Autopoiesis & Autonomy): Nghiên cứu khả năng tự sản xuất, tự tái tạo và tự xác định ranh → giới tồn tại của chính hệ thống.
- **Tính tự phản tư (reflexivity), và Điều khiển học thế hệ 2**: Tác động qua lại giữa tư duy và thực tại; nhận thức tạo ra hành vi và phản hồi từ hệ thống → thay đổi nhận thức.

Điều khiển học: Nội dung (hướng nghiên cứu)

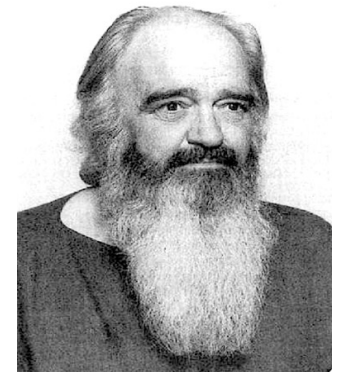
- **Thông tin** (Information): “*Hệ thống biết gì?*” → Cách hệ thống thu nhận, biểu diễn, truyền đạt và xử lý thông tin từ môi trường và từ chính nó.
- **Điều khiển** (Control): “*Hệ thống làm gì để đạt mục tiêu?*” → Cơ chế phản hồi, điều khiển và điều chỉnh hành vi nhằm đạt mục tiêu mong muốn
- **Thích nghi** (Adaptation): “*Hệ thống đổi thế nào khi môi trường thay đổi?*” → Khả năng học hỏi, thích nghi và tự điều chỉnh khi môi trường/mục tiêu thay đổi
- **Tự chủ** (Autonomy): “*Hệ thống có thể tự vận hành đến mức nào?*” → Nguyên lý giúp hệ thống tự cảm nhận, tự quyết định, tự hành động và tự quản lý
- **Tự phản tư** (Reflexivity): “*Hệ thống hiểu và điều chỉnh chính mình như thế nào?*” → Khả năng tự quan sát, tự điều chỉnh mình.

Điều khiển học (Cybernetics)

- **Ross Ashby**: Định luật Độ đa dạng cần thiết (Law of requisite variety) → Nguyên lý tối cao “Chỉ có sự đa dạng mới chế ngự được sự đa dạng”
- **Stafford Beer**: Mô hình Hệ thống Sống (Viable System Mode - VSM), cybernetics → quản trị doanh nghiệp, điều hành kinh tế quốc gia thời gian thực.
- **Heinz von Foerster**: Khởi xướng Điều khiển học bậc hai → tính tự phản tư (reflexivity).
- **Humberto Maturana**: Lý thuyết về Tính tự sinh, Tự tạo (Autopoiesis) -> bản chất của sự sống và tính tự chủ (Autonomy)



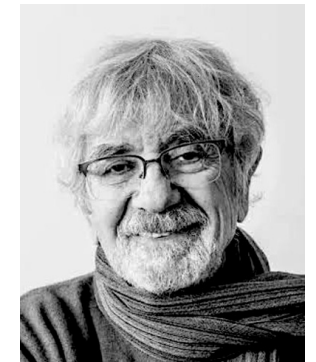
Ross Ashby (1903-1972)



Stafford Beer (1926-2002)



Heinz von Foerster
(1911–2002)



Humberto Maturana
(1928-2021)

Khoa học hệ thống (systems science)

- Phương Tây phát triển, vận hành khoa học nhờ tư duy phân rã của chủ nghĩa giản lược (reductionism): hiểu toàn thể bằng chia thành các phần nhỏ, nghiên cứu từng phần rồi ghép kết quả lại.
- Tư duy và phương pháp luận mới: nghiên cứu không phải ở từng phần tử rời rạc, mà cách các phần tử tương tác với nhau để tạo nên tính chất của toàn bộ tập hợp.
- **Systems science is a transdisciplinary field that is concerned with understanding simple and complex systems in nature and society, guiding the world to be understood as a 'system of systems'.**



Ludwig von Bertalanffy
(1901-1972)

Thuyết hệ thống
tổng quát (General
System Theory)

Khoa học hệ thống (systems science)

Systems science is a transdisciplinary science concerned with understanding the interactions between the natural and society, and the emergence of systems from their parts.

CÂU HỎI TRUNG TÂM

“Làm thế nào mà sự tương tác giữa các phần tử đơn giản lại tạo nên một chỉnh thể có tổ chức, trí tuệ và những đặc tính mà từng phần tử riêng lẻ không bao giờ có được?”



Ludwig von Bertalanffy
(1901-1972)

Thuyết hệ thống
tổng quát
(General System
Theory)

Khoa học hệ thống: Nội dung (chức năng khoa học)

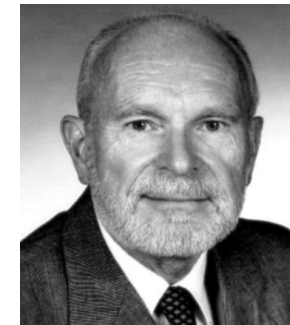
- **Cấu trúc** (Structure): *“Hệ thống có gì?”* → Bản chất, cấu trúc, tổ chức: thành phần, quan hệ, kiến trúc, phân cấp, ranh giới, môi trường và quy luật tổ chức.
- **Hành vi** (Behavior): *“Hệ thống vận hành như thế nào?”* → Động lực và hành vi: tương tác, phản hồi, động lực, tự tổ chức, hiện tượng nổi, tiến hóa và thích nghi.
- **Thiết kế** (Design): *“Tạo ra hệ thống như thế nào?”* → Nguyên lý, phương pháp phân tích, mô hình hóa, thiết kế, mô phỏng, tối ưu hóa ... đáp ứng mục tiêu.
- **Quản trị** (Governance): *“Điều khiển và phát triển hệ thống như thế nào?”*
→ nghiên cứu các cơ chế điều khiển, quản trị, phối hợp và phát triển hệ thống để hệ thống đạt mục tiêu, duy trì ổn định, thích nghi và tiến hóa trong môi trường thay đổi.

Khoa học hệ thống: Nội dung (hướng nghiên cứu)

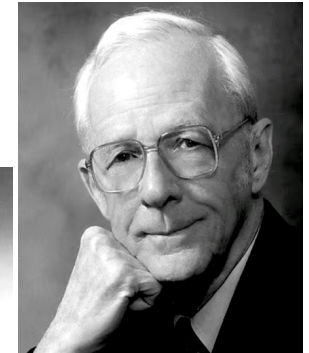
- **Tính chất Hợp trội** (Emergence & Emergent Properties): Nguyên lý “Tổng thể lớn hơn tổng số các phần tử gộp lại” → Giải mã hiện tượng.
- **Động lực học Hệ thống & Vòng lặp Phản hồi** (System Dynamics & Feedback Loops): sự biến đổi trạng thái của hệ --> bùng nổ hoặc sụp đổ dây chuyền
- **Hệ thống Thích ứng Phức tạp** (Complex Adaptive Systems - CAS): Hàng ngàn/triệu tác tử tự học để thích ứng với biến đổi môi trường
- **Mạng lưới Phức tạp** (Complex Networks): Điểm chốt hạ tầng, tính chất “thế giới nhỏ”, độ bền vững của mạng lưới trước các đợt tấn công/sự cố
- **Khung tích hợp Cyber-Physical-Social Systems (CPSS):** Hội tụ và tương tác?

Khoa học hệ thống (systems science)

- **Jay Wright Forrester:** là cha đẻ System Dynamics, phương trình vi phân + mô phỏng phân tích các vòng lặp phản hồi phi tuyến tính. Systems Science → *doanh nghiệp, thành phố, thế giới*.
- **George J. Klir:** Lý thuyết hệ thống tổng quát, lý thuyết tập mờ, và lý thuyết thông tin dựa trên độ bất định. Systems Science → *dạng thức toán học chính xác hơn*.
- **Ilya Prigogine:** chứng minh trật tự và emergence có thể tự bùng nổ từ sự hỗn loạn. Systems Science → *Hệ thống phức tạp*.
- **Peter Checkland:** Hệ phi cấu trúc có yếu tố con người. Systems Science → *Khoa học xã hội, quản trị tri thức và hoạch định chính sách công*.



George J. Klir (1932-2016)



Jay W. Forrester
(1918-2016)



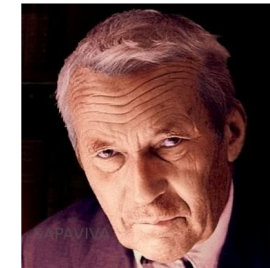
Peter Checkland (1930-2026)



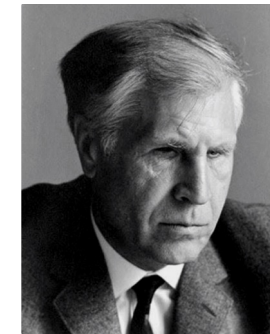
Ilya Prigogine (1917-2003)

Cybernetics & Systems Science ở Đông Âu

- **Cybernetics and Kinh tế:** Glushkov và Kitov dùng máy tính + mạng thông tin quản lý kinh tế quốc dân. Dự án OGAS hàng chục ngàn nút mạng → thất bại vì cát cứ dữ liệu + Bộ Tài chính phá ngầm
- **Cybernetics và Khoa học hệ thống:** nhiều trường phái song song phát triển
- **Cybernetics và Máy tính:** đầu tư mạnh vào Khoa học máy tính và Điều khiển tự động, robot, mô hình hóa



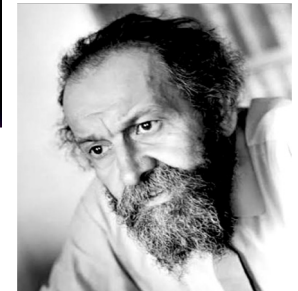
Andrey Kolmogorov
(1903-1987)



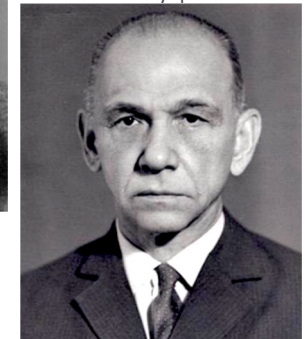
Lev Pontryagin



Victor Glushkov (1923-1982)



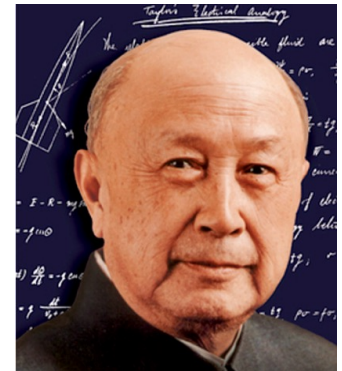
Alexei Lyapunov



Anatoly Dorodnitsyn

Cybernetics & Systems Science ở Trung Quốc

- **Tiền Học Sâm** về nước năm 1955 (Engineering Cybernetics, 1954)
- **Dự án quốc phòng tối mật (thập niên 1960 – 1970):** "Hai bom, Một vệ tinh", "Hệ thống 3-3", tên lửa Đông Phong, Trường Chinh.
- **Bùng nổ học thuật và chính sách vĩ mô (thập niên 1980):** Hệ thống hóa học thuật, học thuật riêng, triết học về hệ thống.
- **Hiện đại hóa và Quản trị không gian mạng (thập niên 1990–nay):** Quản trị xã hội, điều phối kinh tế.
- **ACP: A** (Artificial Systems, eg digital twin), **C** (Computational Experiments - Thử nghiệm tính toán), **P** (Parallel Execution())
- **CPSS** (Cyber-Physical-Social Systems) thành công vang dội



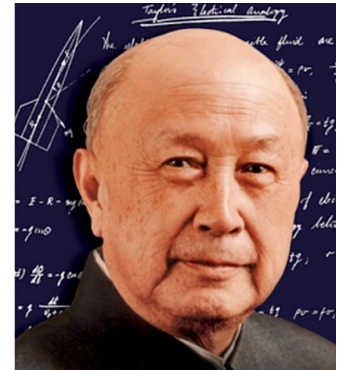
Qian Xuesen
(Tiền Học Sâm, 1911-2009)



Fei-Yue Wang (Vương Phi Dục)

Cybernetics & Systems Science ở Trung Quốc

- **Lãnh đạo từ cấp cao nhất của Trung Quốc:**
tư duy hệ thống = lý luận chính trị chính thống.
- **Ở cấp Trung ương:** Hệ tư tưởng quản trị của Bộ Chính trị
 - Tư duy hệ thống → yêu cầu bắt buộc đối với cán bộ cấp cao.
 - Học tập thể của Bộ Chính trị (Collective study): với học giả hàng đầu
 - Các Kế hoạch 5 năm và Chiến lược Quốc gia
- **Ở cấp Địa phương:** "Cai trị bằng Thuật toán" và Các nhà kỹ trị
 - Sử dụng CPSS để ra quyết định
 - Chỉ số đánh giá cán bộ (KPIs) dựa trên vòng lặp phản hồi
- Tại sao họ lại đặc biệt sùng bái Khoa học hệ thống?



Qian Xuesen
(Tiền Học Sâm, 1911-2009)



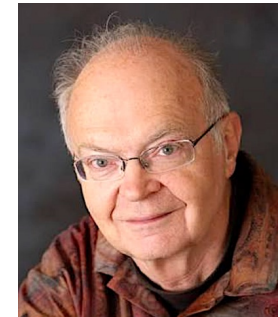
Fei-Yue Wang (Vương Phi Dược)

Khoa học máy tính

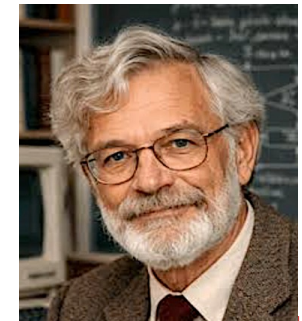
- Nền móng lý thuyết (thập kỷ 1950)
- Xây dựng ngôn ngữ và hệ thống (thập kỷ 1960–1970)
- Cá nhân hóa và giao diện đồ họa (thập kỷ 1980)
- Internet và Web (thập kỷ 1990)
- Dữ liệu lớn và Điện toán đám mây (thập kỷ 2000)
- Học sâu (deep learning) và bùng nổ AI (thập kỷ 2010-nay)
- Khoa học máy tính lúc này thế nào? → **thấm thấu vào mọi lĩnh vực và trở thành ngôn ngữ chung của khoa học.**



John von Neumann
(1903-1957)

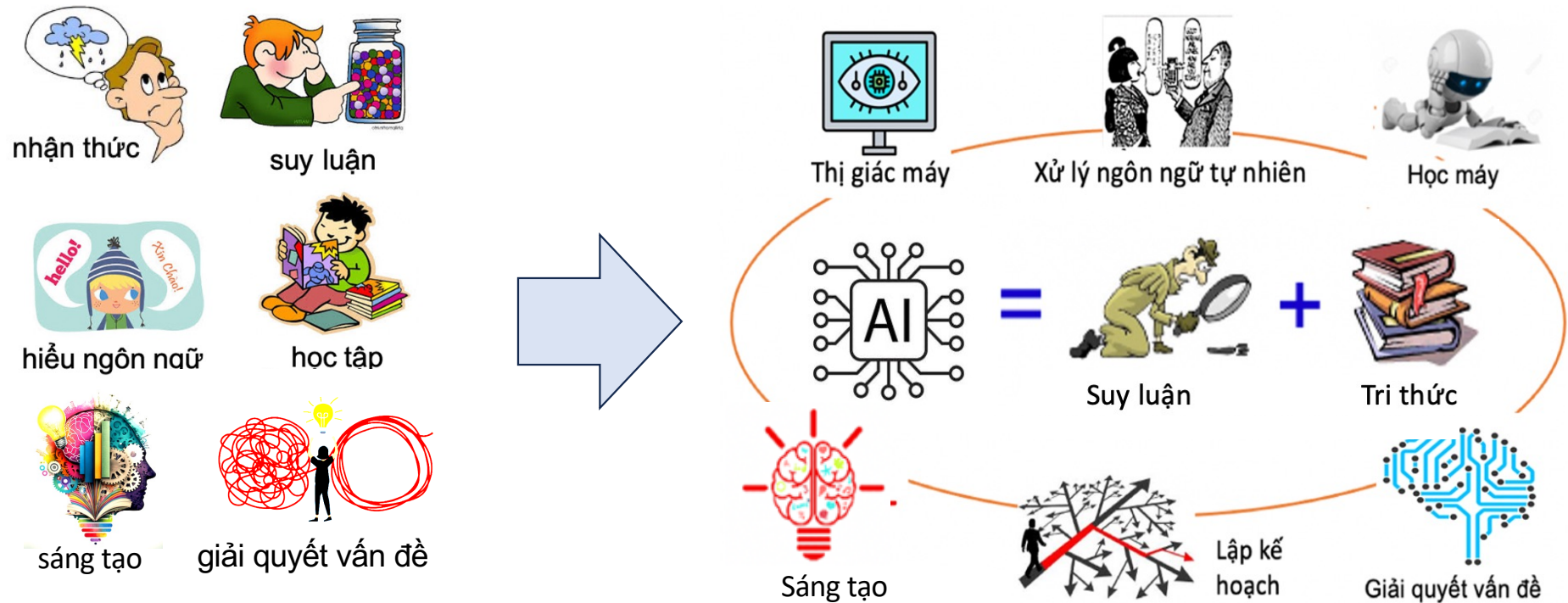


Donald E. Knuth (1938)



Edsger W. Dijkstra
(1930-2002)

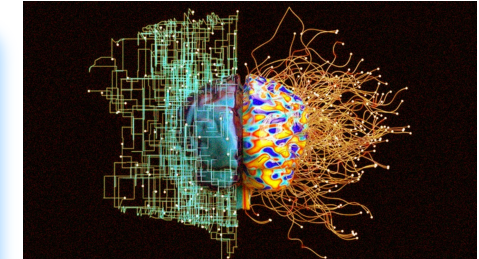
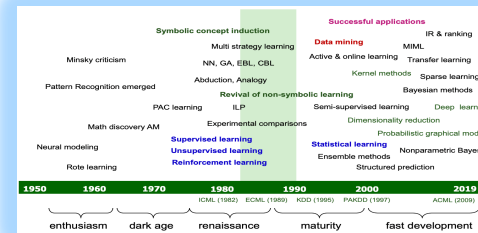
Từ trí tuệ tự nhiên đến trí tuệ nhân tạo



AI nhằm làm cho máy làm được những việc đòi hỏi **năng lực trí tuệ** con người.

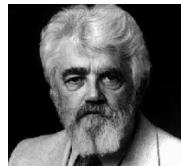
Quá trình phát triển AI

Machine Learning



Hội thảo Dartmouth		Ngôn ngữ LISP	Ngôn ngữ PROLOG	Tác tử thông minh		Học máy thống kê	Data- driven AI	Mạng xã hội, tín sinh học		Deep Learning	CNN RNN	GAN Transformer	AI tạo sinh		
1949	1956	1970		1980	1982	1990	1995	1997	2000	2005	2010	2012	2014	2022	2025
Máy tính thương mại đầu tiên		Hệ chuyên gia đầu tiên		Đề án máy tính thế hệ 5		Khai phá dữ liệu		AI thắng vô địch cờ vua		Thách thức DARPA		Khoa học dữ liệu		Ứng dụng rộng rãi	
														ChatGPT	

Giấc mơ AI và những bước đi thăng trầm



John McCarthy (1956)
"Artificial Intelligence"
dựa trên logic toán

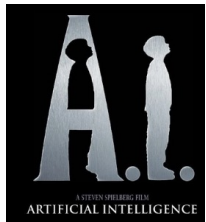


Norbert Wiener, "Cybernetics" (1948)
dựa trên thống kê, tối ưu, nhận dạng...

Kỷ nguyên dữ liệu và cuộc cách mạng học máy

Học sâu đột phá và AI đến với mọi người

AI thuở ban đầu: Suy diễn và Tri thức



=



+



SUY LUẬN

$$\begin{array}{r} A \rightarrow B \\ A \\ \hline B \end{array}$$

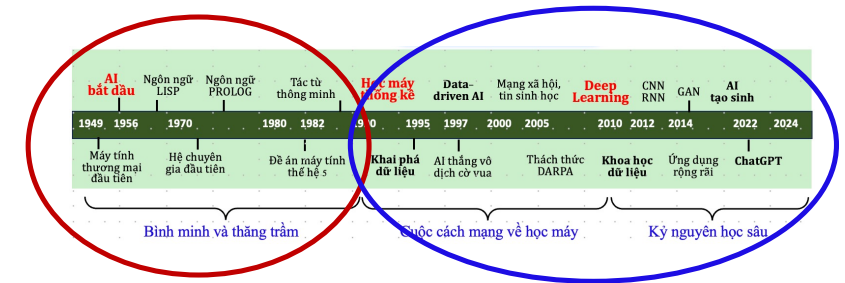
TRI THỨC

Chuồn chuồn bay thấp thì mưa
Mọi người ai cũng phải chết
Mắt vàng da vàng thì mắc bệnh gan
Tiến Linh vào là sẽ làm bàn
...

A = chuồn chuồn bay thấp B = mưa

AI thuở ban đầu

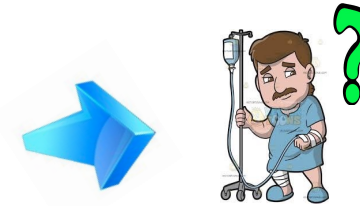
Con đường suy luận (deduction)



Nguyên tắc và
quy luật tổng quát
(tri thức)



Deduction



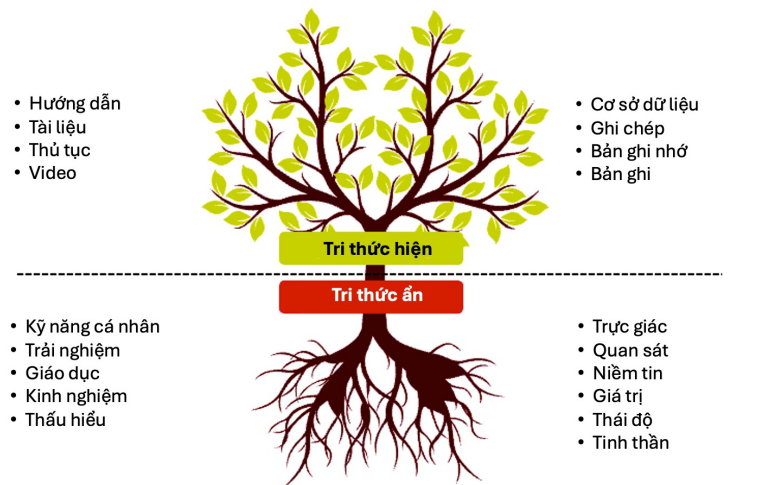
Trường hợp riêng,
cá thể
(dữ liệu)



Mắt vàng và da vàng thì có khả năng cao
gặp vấn đề sức khỏe liên quan đến bệnh gan.

AI thuở ban đầu

Điểm nghẽn của thu nhận tri thức



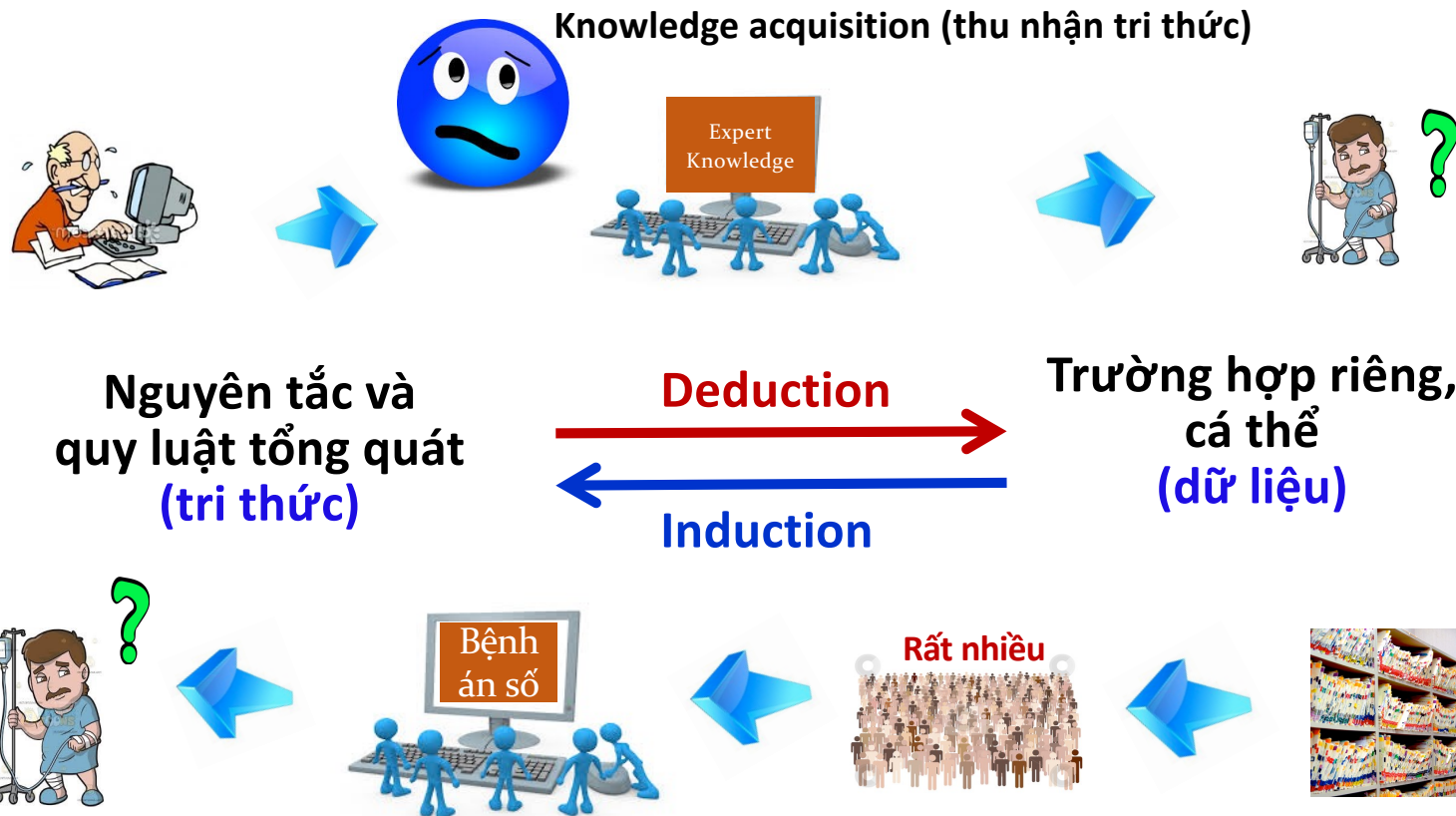
Tri thức hiện, tri thức ẩn



Lẽ thường (Common sense)

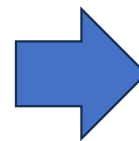
AI với học máy

Con đường quy nạp (induction)

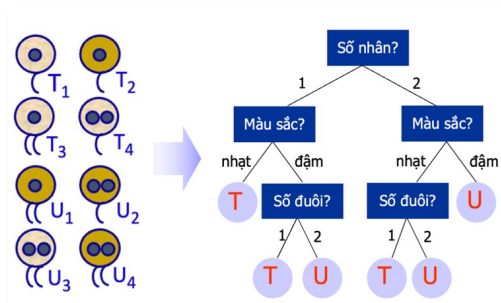


Học máy thay đổi AI

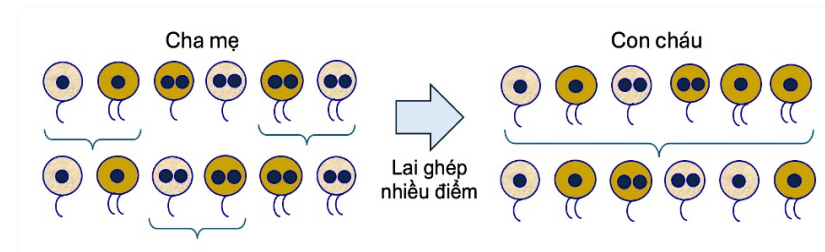
Hội thảo Dartmouth		Ngôn ngữ LISP	Ngôn ngữ PROLOG	Tác tử thông minh	Học máy thống kê	Data- driven AI	Mạng xã hội, tín sinh học	Deep Learning	CNN RNN	GAN Transformer	AI tạo sinh					
1949	1956	1970		1980	1982	1990	1995	1997	2000	2005	2010	2012	2014	2022	2025	
Máy tính thương mại đầu tiên		Hệ chuyên gia đầu tiên		Đề án máy tính thế hệ 5		Khai phá dữ liệu		AI thắng vô địch cờ vua		Thách thức DARPA		Khoa học dữ liệu		Ứng dụng rộng rãi		ChatGPT



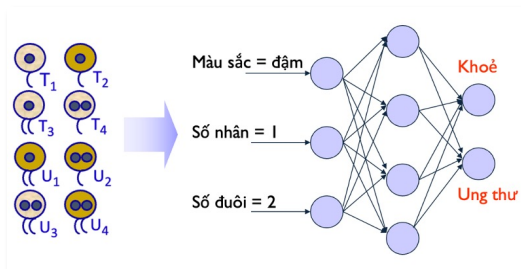
Năm trường phái học máy



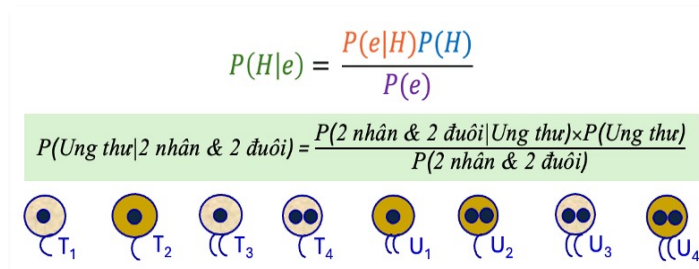
Trường phái Biểu tượng



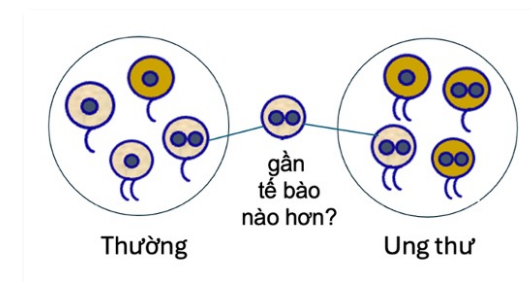
Trường phái Tiến hoá



Trường phái Kết nối



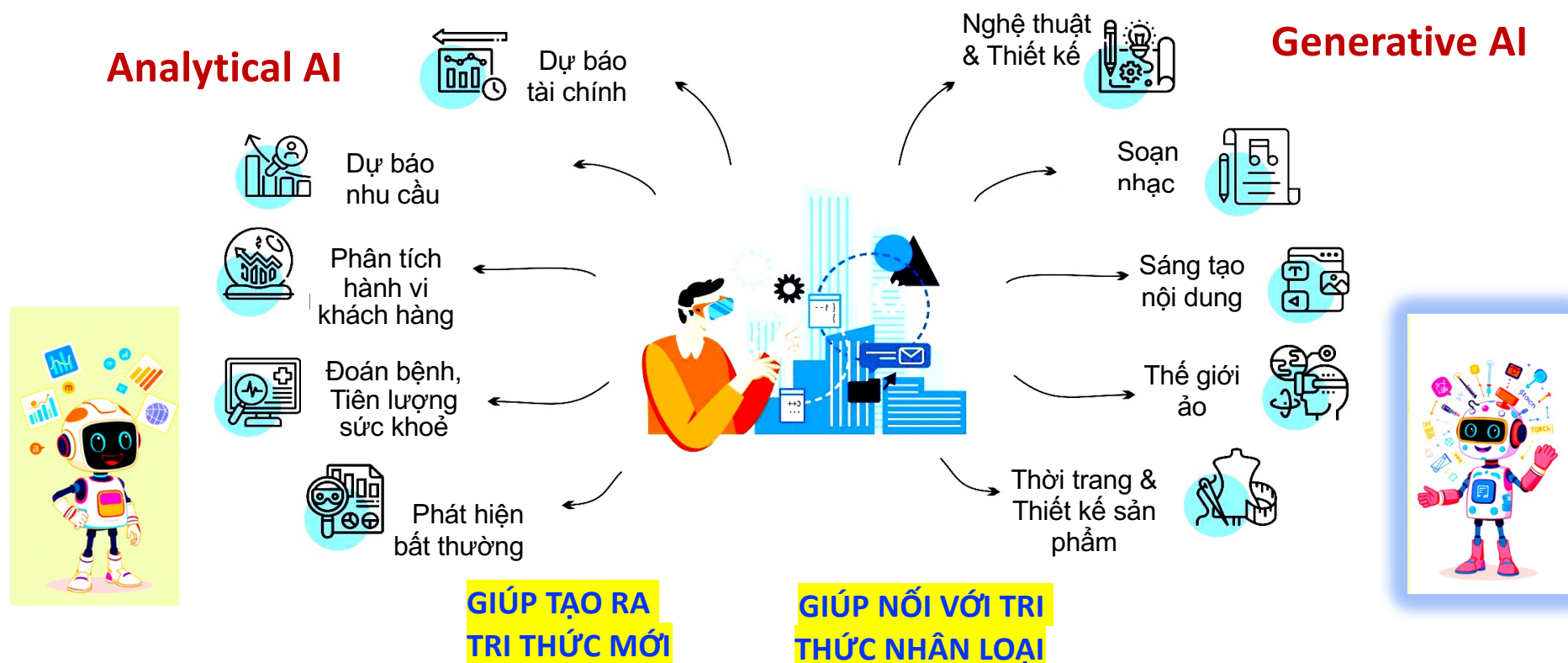
Trường phái Thống kê



Trường phái Tương tự

Pedro Domingos, book "The Master Algorithm"

Hai nhánh của AI: AI phân tích và AI tạo sinh

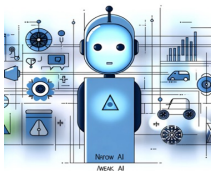


Ba loại AI, AI tác tử, Physical AI



ANI – artificial
narrow
intelligence

AI Chuyên dụng



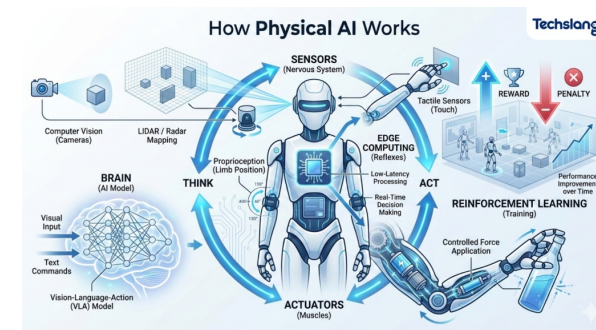
AGI – Artificial
General Intelligence
AI Tổng quát

ASI – artificial
super
intelligence

Siêu AI



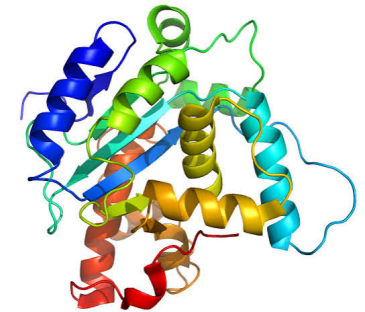
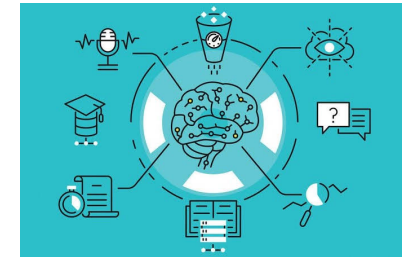
AI Tác tử
(AI agency)



We can only see a short distance ahead, but we can see plenty there that needs to be done. Alan Turing

AI recent milestones

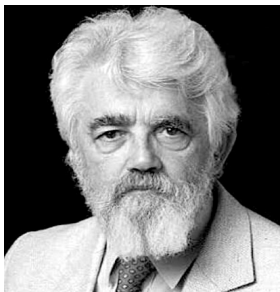
- **Foundation models và Generative AI:** Transformer + RLHF, AI biết gì và giao tiếp, sáng tạo thế nào, AI đến với mọi người.
- **AlphaFold2:** Ứng dụng Deep Learning vào bài toán dự đoán cấu trúc protein từ chuỗi axit amin. kéo dài hơn 50 năm → khám phá khoa học (vật liệu, toán học...)
- **Agentic AI và Physical AI:** Tiến hóa từ các mô hình dự đoán từ tiếp theo (next token prediction) sang các mô hình có khả năng tự suy luận nhiều bước (chain-of-thought) và tự hành động (agentic systems).



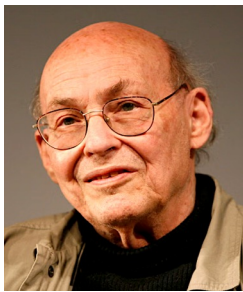
AI và Data Science



Những người tham dự Hội nghị AI Dartmouth 1956
Hàng sau từ trái: Oliver Selfridge, Nathaniel Rochester, Marvin Minsky, và John McCarthy.
Hàng trước từ trái: Ray Solomonoff, Trenchard More, Claude Shannon.



John McCarthy
(1927-2011)



Marvin Minsky
(1927-2016)



Geoffrey Hinton (1947)

Science of Autonomous-Intelligent Systems

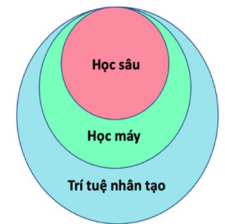
Hội thảo Dartmouth		Ngôn ngữ LISP	Ngôn ngữ PROLOG	Tác tử thông minh		Học máy thống kê		Data- driven AI		Mạng xã hội, tín sinh học		Deep Learning		CNN RNN	GAN Transformer	AI tạo sinh	
1949	1956	1970		1980	1982	1990	1995	1997	2000	2005	2010	2012	2014	2022	2025		
Máy tính thương mại đầu tiên		Hệ chuyên gia đầu tiên		Đề án máy tính thế hệ 5		Khai phá dữ liệu		AI thắng vô địch cờ vua		Thách thức DARPA		Khoa học dữ liệu		Ứng dụng rộng rãi		ChatGPT	
Giấc mơ AI và những bước đi thăng trầm						Kỷ nguyên dữ liệu và cuộc cách mạng học máy						Học sâu đột phá và AI đến với mọi người					



John McCarthy, "Artificial
Intelligence" (1956)
chủ yếu dựa trên logic toán



Norbert Wiener, "Cybernetics"
"Điều khiển học" (1948)
dựa trên thống kê, tối ưu...



Ba giai đoạn phát triển của Trí tuệ Nhân tạo



"Attention Is All You Need" team

Tại sao các hệ tự chủ–thông minh quan trọng

Autonomous–Intelligent System (AIS): là hệ thống có khả năng tự nhận thức môi trường, tự đưa ra quyết định và thực hiện các hành động để đạt được mục tiêu mà không cần sự can thiệp trực tiếp của con người.

- Độ phức tạp của xã hội tăng rất nhanh
- Tốc độ thay đổi quá nhanh
- Thiếu nguồn nhân lực



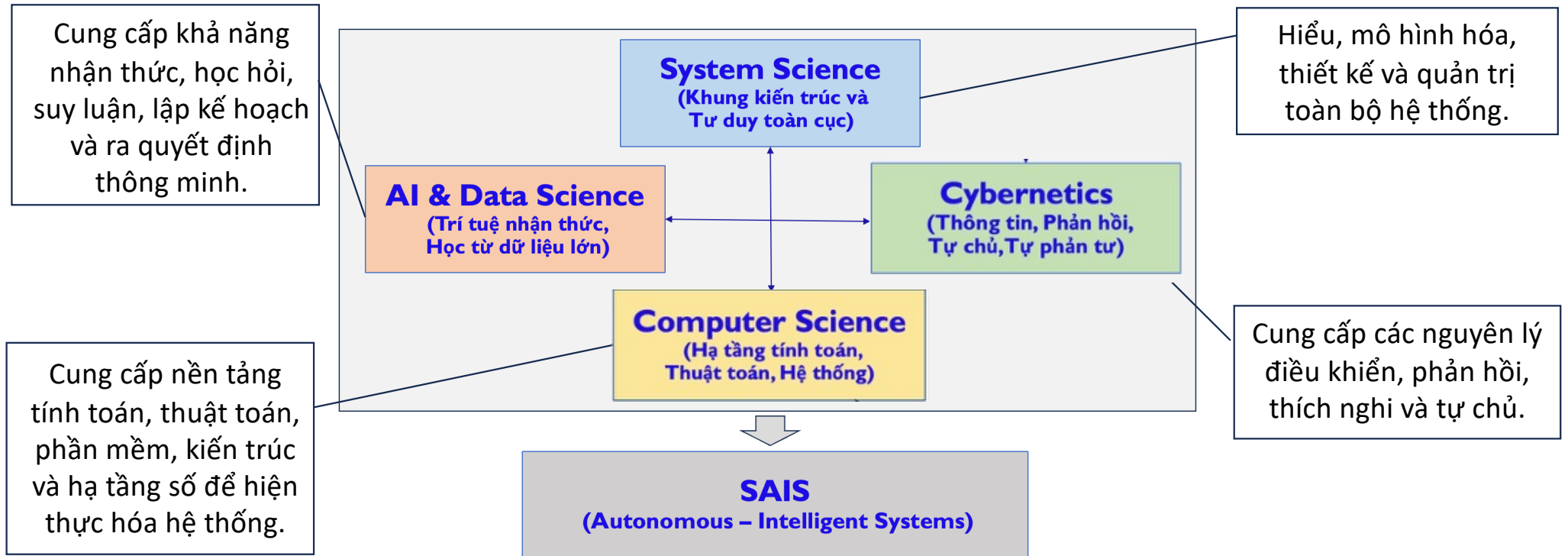
- **Cybernetics:** Làm sao hệ tự điều khiển?
- **Systems science:** Hệ vận hành thế nào?
- **Computer science:** Làm sao hiện thực hóa?
- **AI & DS:** Làm sao hệ trở nên thông minh?

RoboCup: 2050: Robots thắng đội vô địch thể giới?



Chung kết 6/7/2026 <https://www.youtube.com/watch?v=8U5bdh0vHpM> và <https://www.youtube.com/watch?v=CwFL3LdkPVY>

SAIS: Science of autonomous–intelligent systems



Tại sao Khoa học các hệ thống tự chủ–thông minh?

- Sự **hội tụ** của cybernetics, systems science, computer science và AI là một xu thế **khách quan** do sự xuất hiện của các Autonomous–Intelligent Systems.
- SAIS là sự đáp ứng **có chủ đích** của cộng đồng khoa học đối với xu thế đó, nhằm nghiên cứu một cách thống nhất các nguyên lý, phương pháp và công nghệ của các hệ thống tự chủ và thông minh, đồng thời **thúc đẩy** quá trình hội tụ diễn ra nhanh hơn, sâu hơn và hiệu quả hơn.