



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Villamosmérnöki és Informatikai Kar  
Mesterséges Intelligencia és Rendszertervezés Tanszék



# Mesterséges Intelligencia

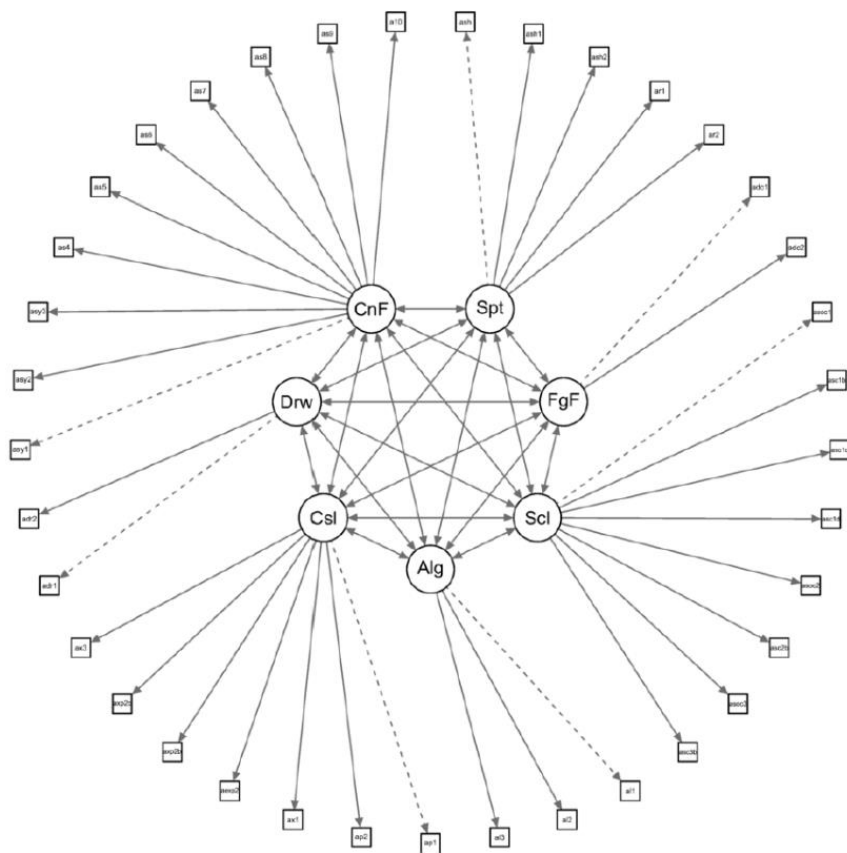
Előadó: Dr. Hullám Gábor

[hullam.gabor@vik.bme.hu](mailto:hullam.gabor@vik.bme.hu) (Email/Teams)

Előadás anyaga: Dr. Hullám Gábor, Dr. Antal Péter, Dr. Dobrowiecki Tadeusz



# Az intelligencia dimenziói



Spt = spatial ability;  
 FgF = figural fluency;  
 Scl = social reasoning;  
 Alg = algebraic reasoning;  
 Csl = causal reasoning;  
 Drw = drawing ability;  
 CnF = conceptual fluency.

Golino, H.F. and Demetriou, A., 2017. Estimating the dimensionality of intelligence like data using Exploratory Graph Analysis. *Intelligence*.

# Miért van szükségünk mesterséges intelligenciára?

- Segít megismerni az emberi kognitív folyamatokat
- Emberi szakértők támogatása, kiegészítése
- Emberi képességek támogatása, kiegészítése, kiterjesztése
- Muszáj: rendelkezésre álló adat és tudás meghaladja az emberi felfogó/feldolgozó képességet
- Olcsóbb, rugalmasabb, tartósabb, mint egy emberi szakértő :)

# Miért van szükségünk mesterséges intelligenciára? – mérnöki szempontok

- Megoldható és kivitelezhető problémákkal foglalkozunk
- Hogyan elemezzünk problémákat, melyek mesterséges intelligencia alkalmazását igénylik?
- Hogyan specifikáljuk a problémát?
- Hogyan rögzítsük és tartsuk karban a tudást (formálisan)?
- Milyen architektúrát használjuk a gépi problémamegoldáshoz, ami...
  - Tudás reprezentációt /menedzsmentet...
  - Érzékelést, következtetést...
  - Tanulást...
  - Keresést... igényel?

# Lehetséges MI megközelítések

Emberi módon gondolkodó MI	Racionálisan gondolkodó MI
Emberi módon cselekvő MI	Racionálisan cselekvő MI

# Lehetséges MI megközelítések

Emberi módon gondolkodó MI	Racionálisan gondolkodó MI
Emberi módon cselekvő MI	Racionálisan cselekvő MI

- 1. Emberi  $\neq$  racionális  
(és ez nem feltétlenül negatív megjegyzés)
- 2. Nem feltétlenül az emberi vagy a természetben elterjedt mód a legjobb, ha valamilyen célt akarunk elérni  
(pl.: csapkodó szárnyú repülő).

# Lehetséges MI megközelítések

Emberi módon gondolkodó MI	Racionálisan gondolkodó MI
Emberi módon cselekvő MI	Racionálisan cselekvő MI

- *Emberi módon gondolkodó MI*: kognitív modellezés
  - (kognitív tudományok, neurobiológia)
- *Emberi módon cselekvő MI*: Turing teszt, chat botok
  - Tudásábrázolás
  - Következtetés
  - Természetes nyelvű kommunikáció („beszédértés”)
  - Tanulás

# Lehetséges MI megközelítések

Emberi módon gondolkodó MI	Racionálisan gondolkodó MI
Emberi módon cselekvő MI	Racionálisan cselekvő MI

- *Racionálisan gondolkodó MI*: logika, következtetés
  - Probléma: 1) nem minden intelligens viselkedés írható le tisztán logikai kifejezésekkel. 2) Miről kell gondolkodni, mi a célja?
- *Racionálisan cselekvő MI*: a „megfelelő” dolgot teszi a feladat megoldásához
  - A rendelkezésre álló információ alapján maximalizálja a „teljesítményt”
  - Kihívás: 1) rendelkezésre álló információ többnyire nem teljes. 2) A teljesítmény mérése hogyan történjen?



# Az MI fázisai

- ~1930 Univerzális számítási modell: Turing-gép (1936), Univerzális Turing-gép, Church-Turing hipotézis, Zuse, Neumann,...: „vezérlő program is adat”:
- 1943 McCulloch & Pitts: Bináris kapcsolati agymodell
- 1950 Turing: "Computing Machinery and Intelligence"
- **1956 Dartmouth találkozó: "Artificial Intelligence" megnevezés elfogadása**
- 1950s Korai MI programok: sakk, tételbizonyítás

## Számítás (keresés) alapú MI

- A Fizikai Szimbólumrendszer hipotézise: A.Newel&H.A.Simon (1976): „A physical symbol system has the necessary and sufficient means for general intelligent action."
- 1966-73 Számítási komplexitási korlátok a keresésben  
Elméleti korlátok a neurális hálózatokban
- 1969-79 Tudásalapú szakértői rendszerek

## Tudásalapú MI

# Az MI fázisai

- A Fizikai Szimbólumrendszer hipotézise:  
A.Newel&H.A.Simon (1976): „A physical symbol system has the necessary and sufficient means for general intelligent action.”
- 1966-73 Számítási komplexitási korlátok a keresésben  
Elméleti korlátok a neurális hálózatokban
- 1969-79 Tudásalapú szakértői rendszerek

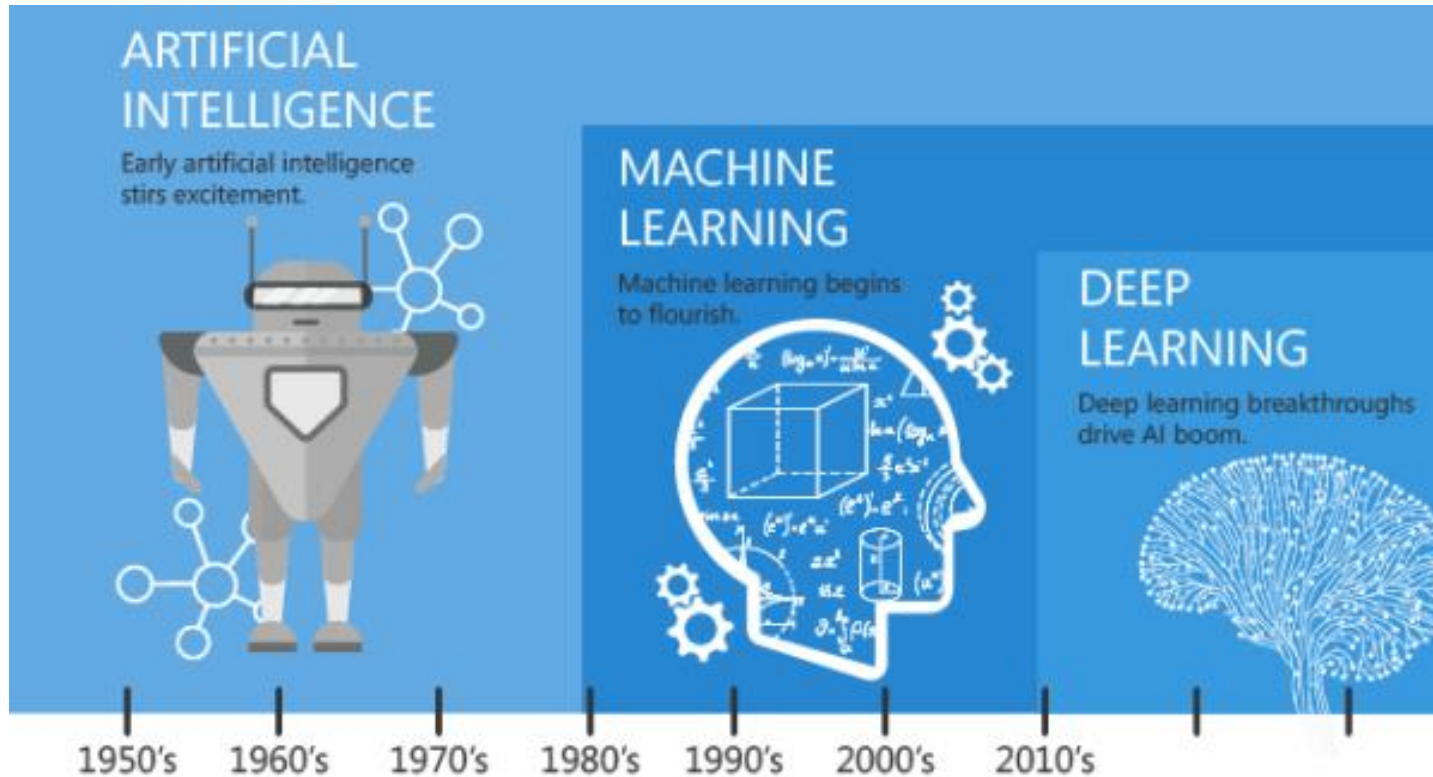
## **Tudásalapú MI**

- 1986-- Neurális hálózatok újbóli megjelenése
- 1988-- Valószínűségi szakértői rendszerek
- 1995-- Gépi tanulás gyors fejlődése

## **Adatvezérelt MI (2005-2015)**

## **Autonóm tanulás alapú MI**

# AI – ML - DL



# Az MI jóslt korszakai

## **Gyenge/szűk mesterséges intelligencia**

(Artificial Narrow Intelligence , Weak AI)

- intelligenciát mutat de csak egy speciális területen (sakkozik, arcot felismer stb.)

## **Erős mesterséges intelligencia** (Strong Artificial Intelligence)

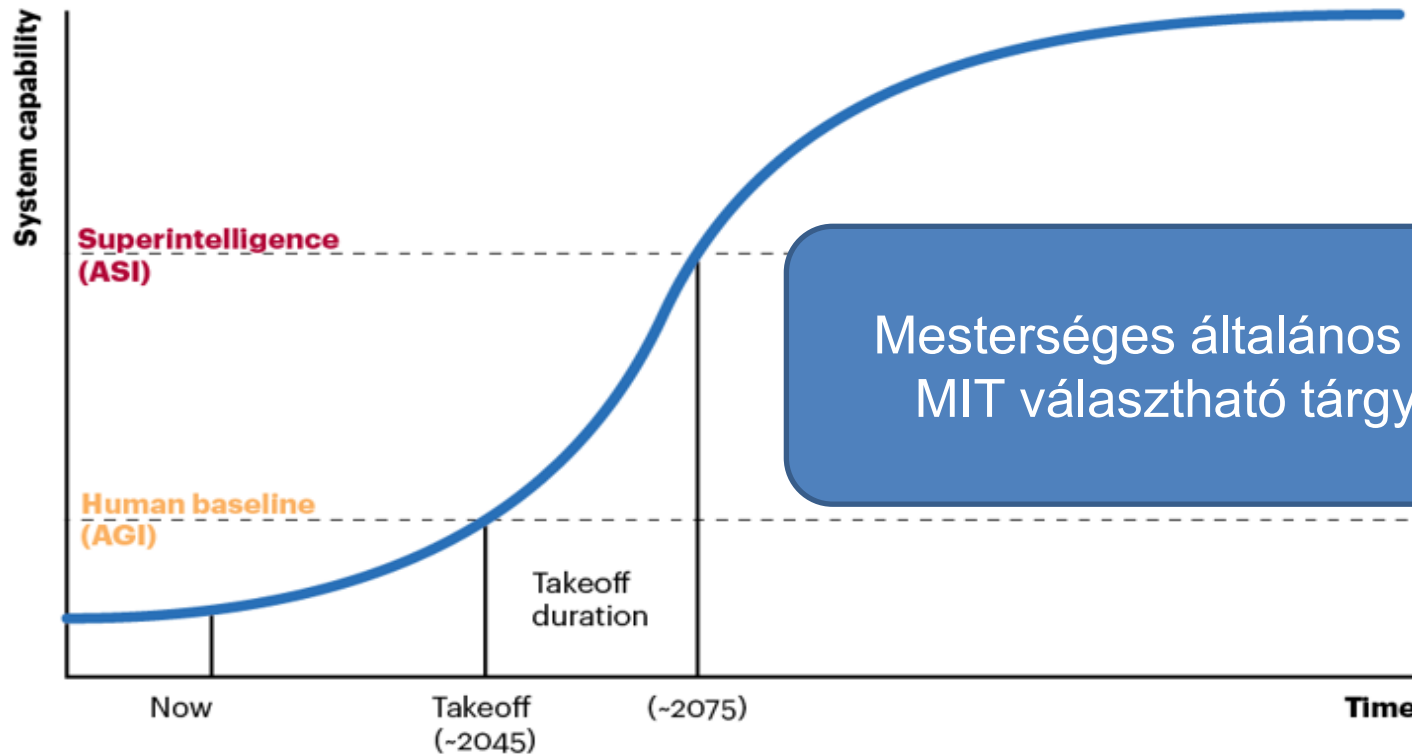
- Mesterséges általános intelligencia: az élet számos területén intelligensen viselkedik (Artificial General Intelligence)
- Gondolkodik (Human-Level AI): absztrakt gondolkodásra képes, következtet, összetett koncepciókat megért, tanul, általánosít stb.

## **Szuperintelligencia**

- Intelligensebb a legjobb emberi elméknél is, tudásban, kreativitásban, problémamegoldásban...

# Az MI jóslt korszakai

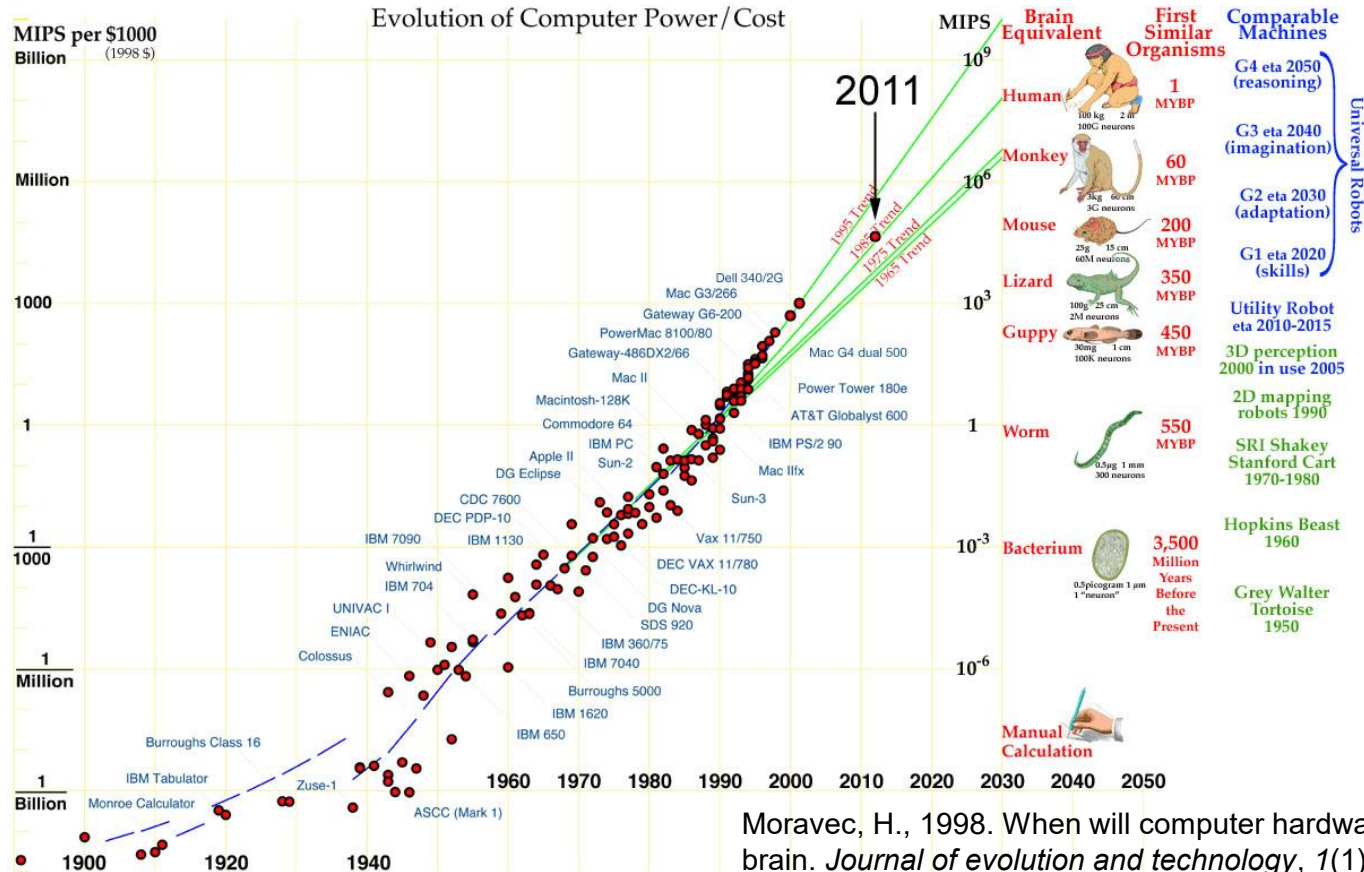
## Timeline to artificial intelligence



Note: AI is artificial intelligence, ASI is artificial superintelligence, and AGI is artificial general intelligence.

Sources: WaitButWhy.com, Nick Bostrom, *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*; A.T. Kearney analysis

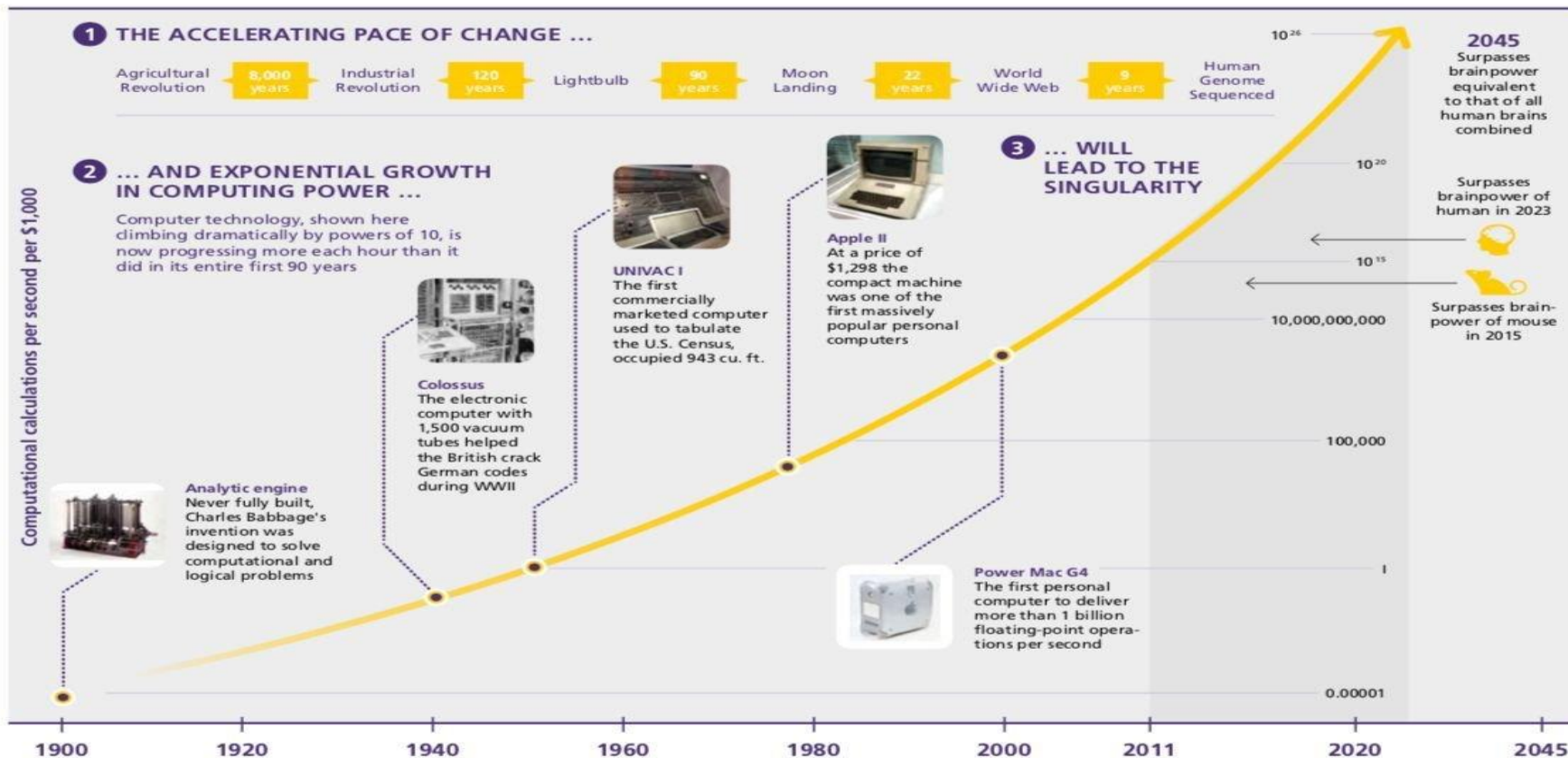
# Post-humán intelligens rendszerek



Moravec, H., 1998. When will computer hardware match the human brain. *Journal of evolution and technology*, 1(1), p.10.

# Computational power vs „brainpower”

## LAW OF ACCELERATING RETURNS



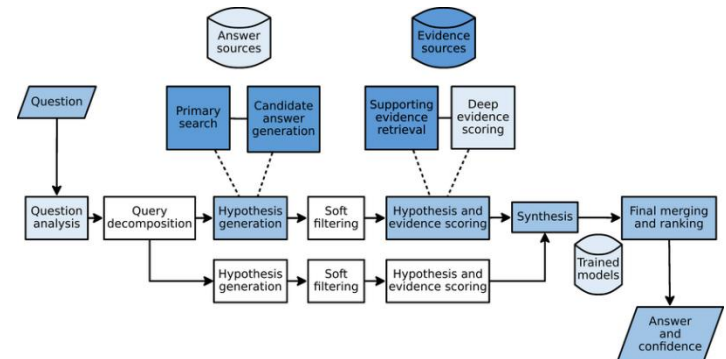
**Figure 12:** Ray Kurzweil's Law of Accelerating Returns depicts the exponential growth of computer processing power and technology innovations throughout history, and anticipates computers will exceed human intelligence in the future; **Source:** TIME / Wikipedia



# IBM Watson (2011): Jeopardy kvízzjáték

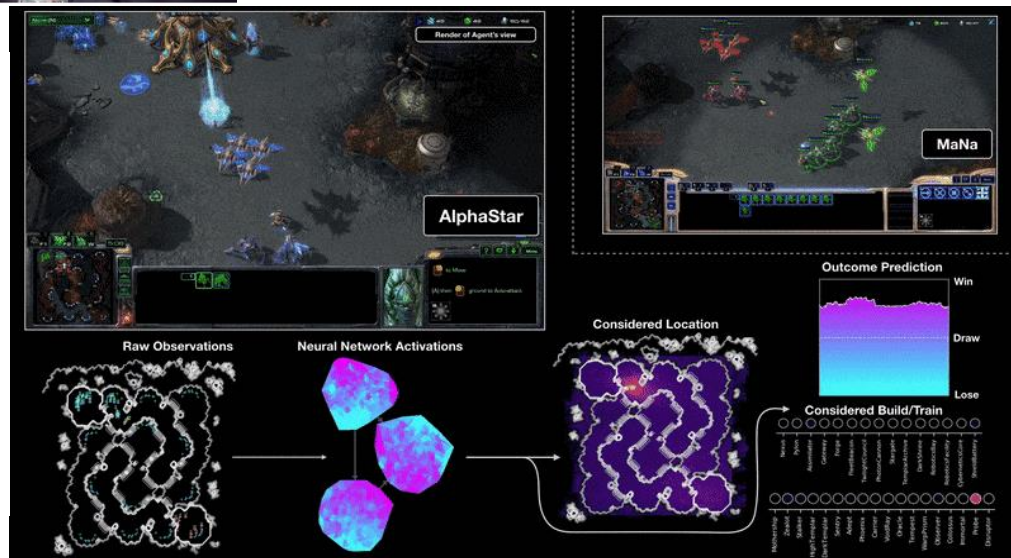
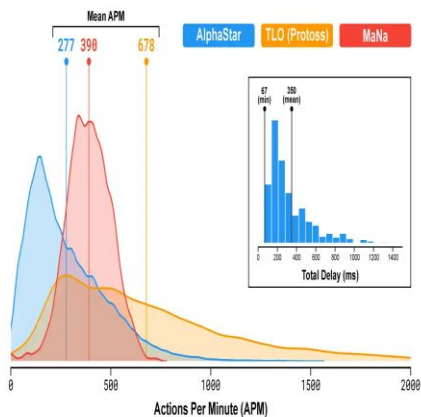
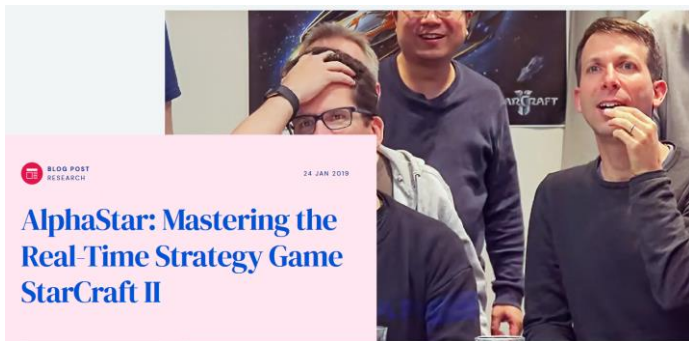
## • IBM Grand Challenge

- 1997: **Deep Blue** legyőzi a G. Kaszparov sakkvilágbajnokot.
- 1999-2006<: **Blue Gene**, fehérje struktúra predikció
- 2011: **Watson**
  - Beszédértés
  - Következtetés
  - Játék





Training Days	Raw Interface	Camera Interface	MaNe	TLO (Process)
0	4600	4000	6800	5500
1	4900	3700	6850	5500
2	5800	5200	6900	5500
3	6800	5800	6950	5500
4	7200	6400	7000	5500
5	7500	7100	7050	5500
6	7600	7400	7080	5500
7	7650	7500	7100	5500



# AlphaFold



2010

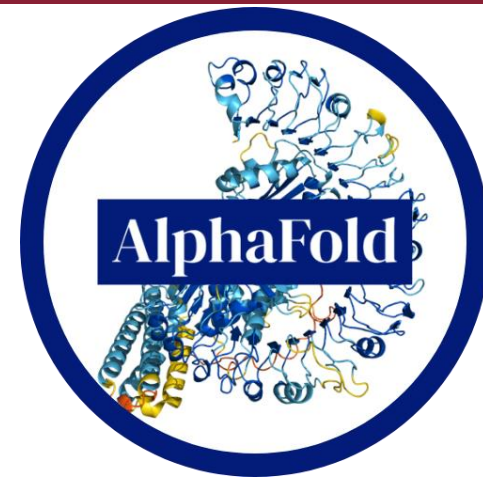


2014



AlphaGo

2017

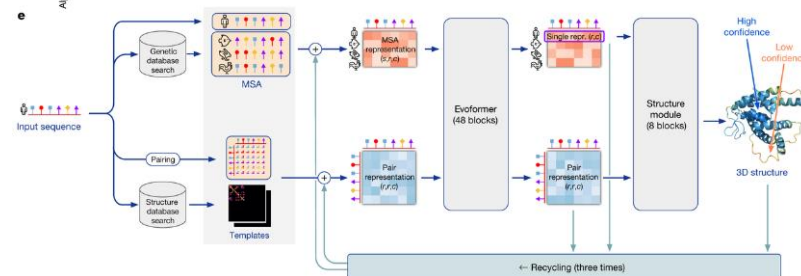
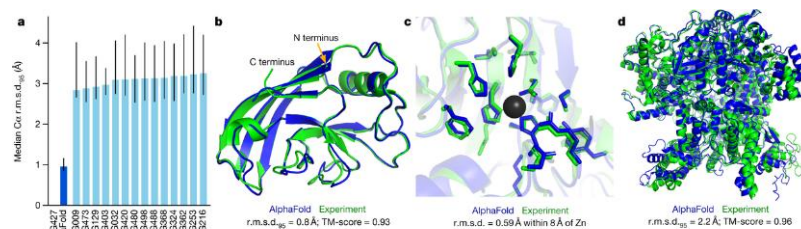


2018



2024

- A DeepMind csapata felülmúlta az emberek szintjét GO-ban
- Protein Folding – az egyik legnehezebb probléma a biológiában
- Komplex hálózat
  - **Transformer**
  - **Attention**
  - Automatic formation
  - Sok kémia és fizika

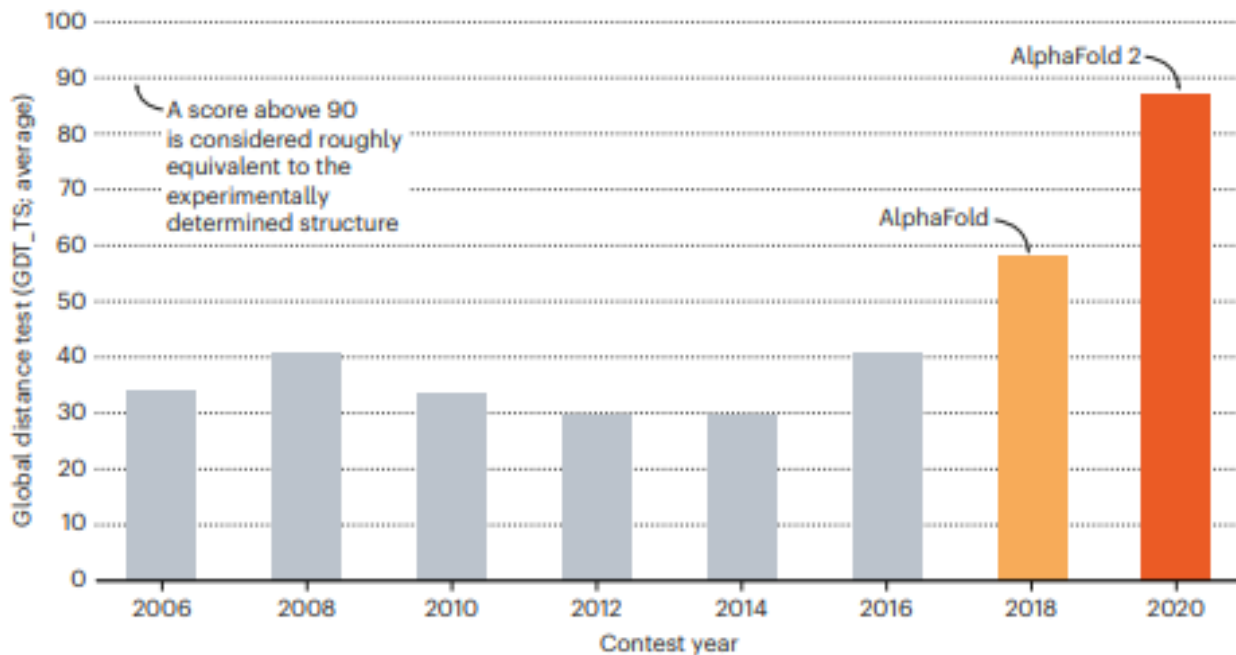


# Elért eredmények

- Használhatóság szerint:
  - Semminél több: > 40%
  - Iránymutató lehet: > 50%
  - Iránymutató: > 60%
  - Használható: > 70%
  - Majdnem valós: > 90%
- 2018-ban: 60%
- 2020-ban: 85%

## STRUCTURE SOLVER

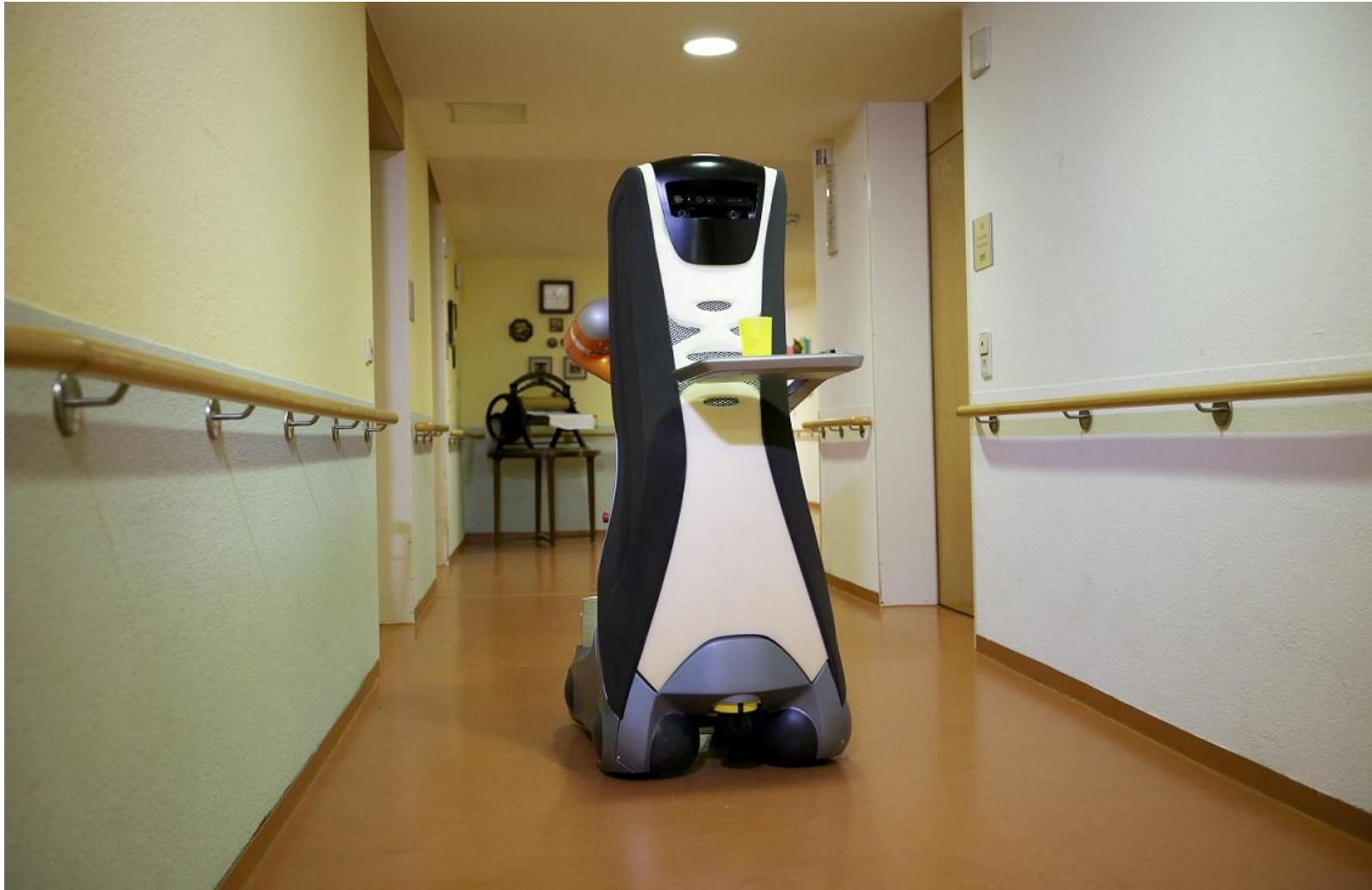
DeepMind's AlphaFold 2 algorithm significantly outperformed other teams at the CASP14 protein-folding contest — and its previous version's performance at the last CASP.







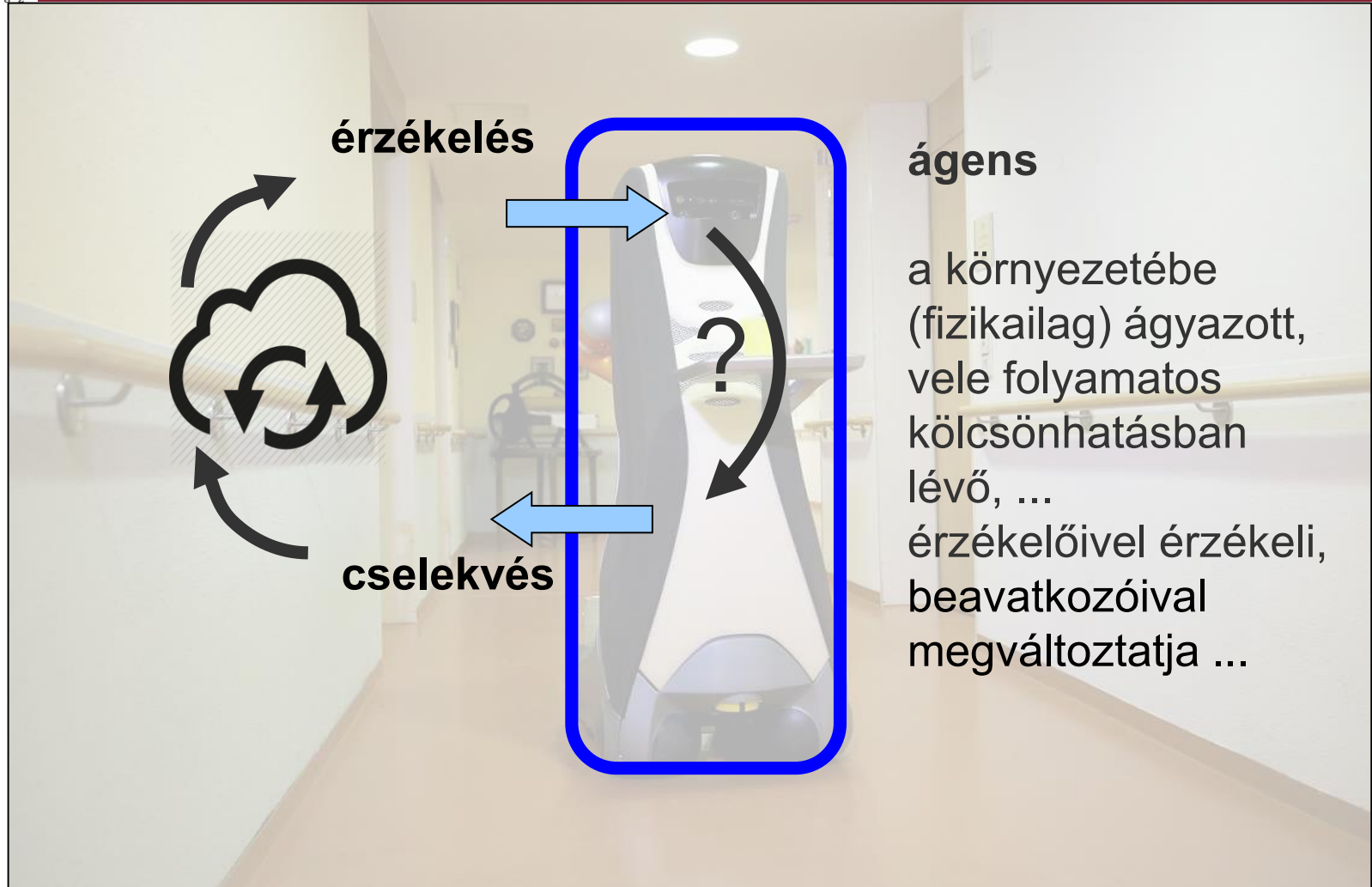
Mi ezekben a  
rendszerekben  
a közös?





Ami kívül: az a **környezet**

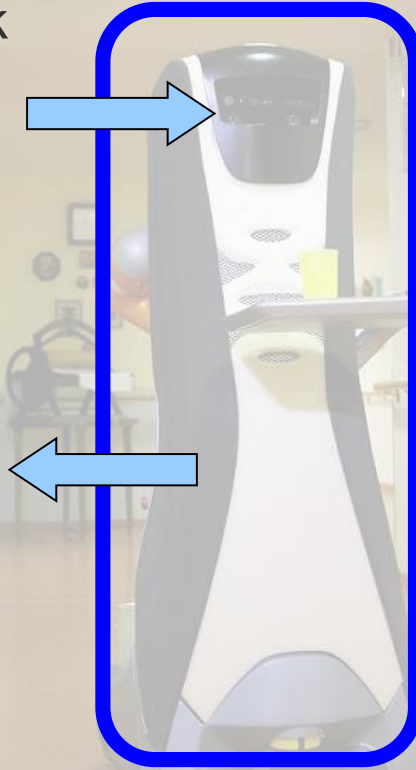
Ami belül: az a **rendszer**





Ágens környezetének  
 $s_K(t)$  állapotai vannak

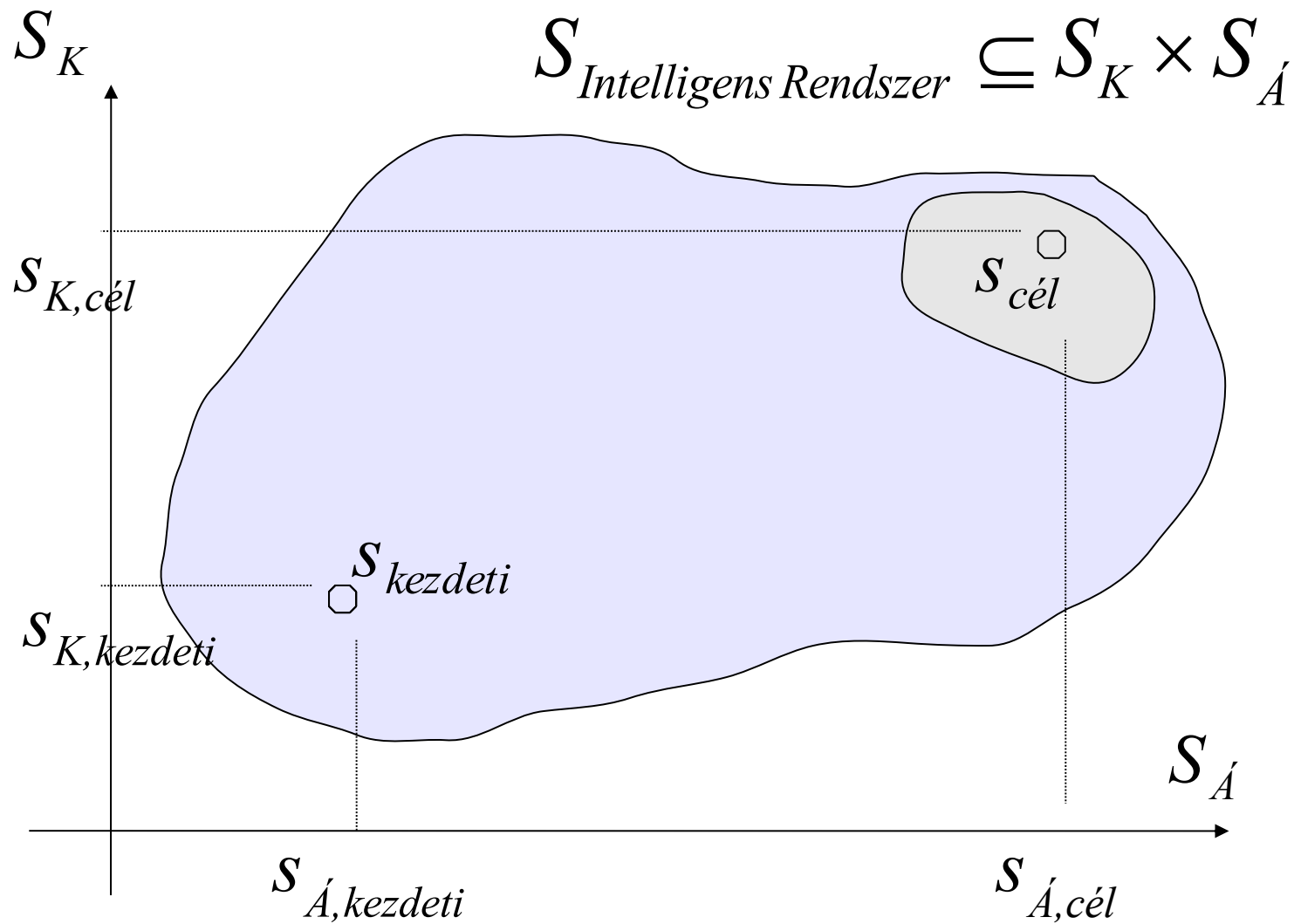
$$s_K(t) \in S_K$$

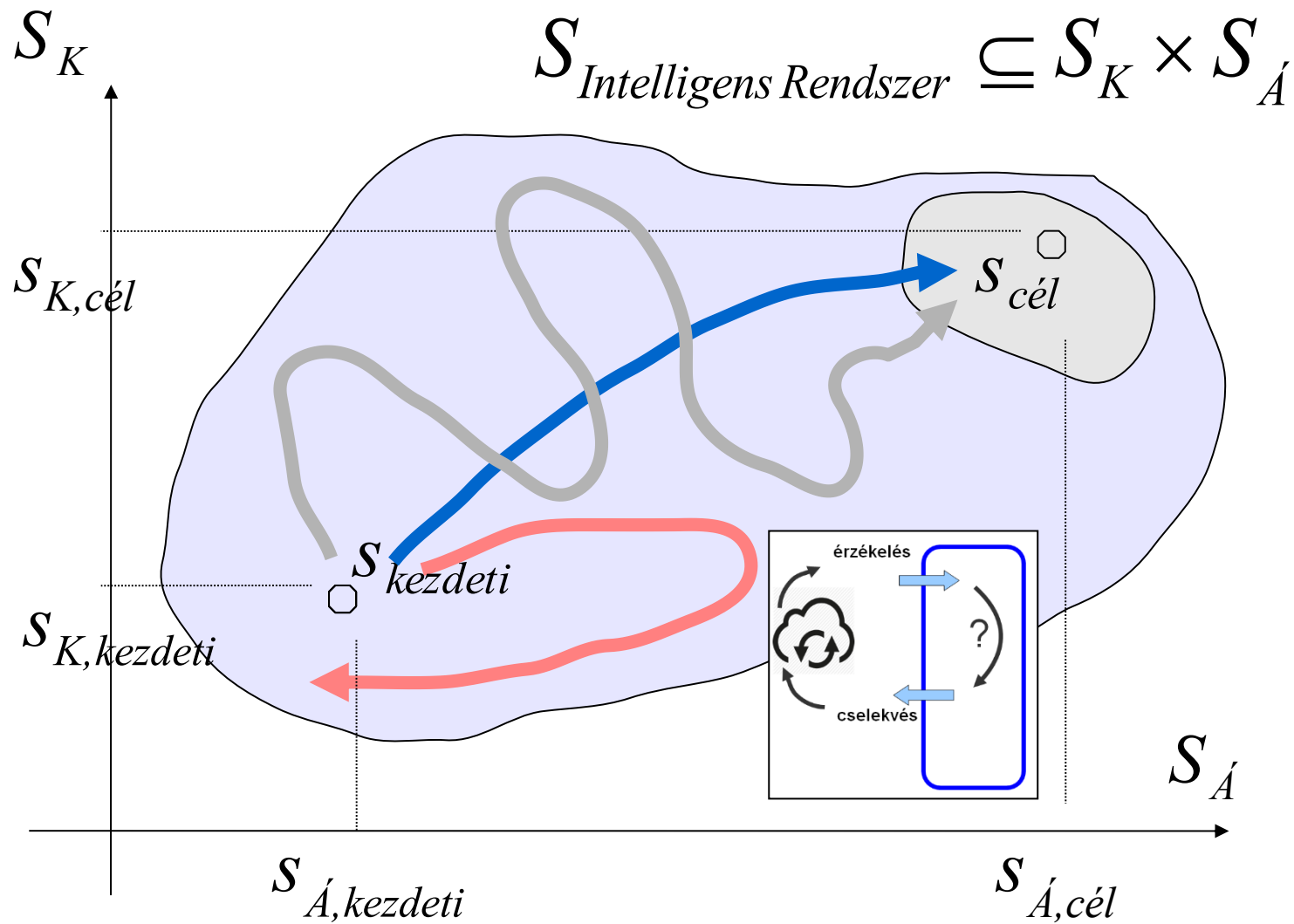


Ágensnek magának is  
 $s_A(t)$  állapotai vannak

$$s_A(t) \in S_A$$

$$S_{Intelligens Rendszer} \subseteq S_K \times S_A$$





# Ágens

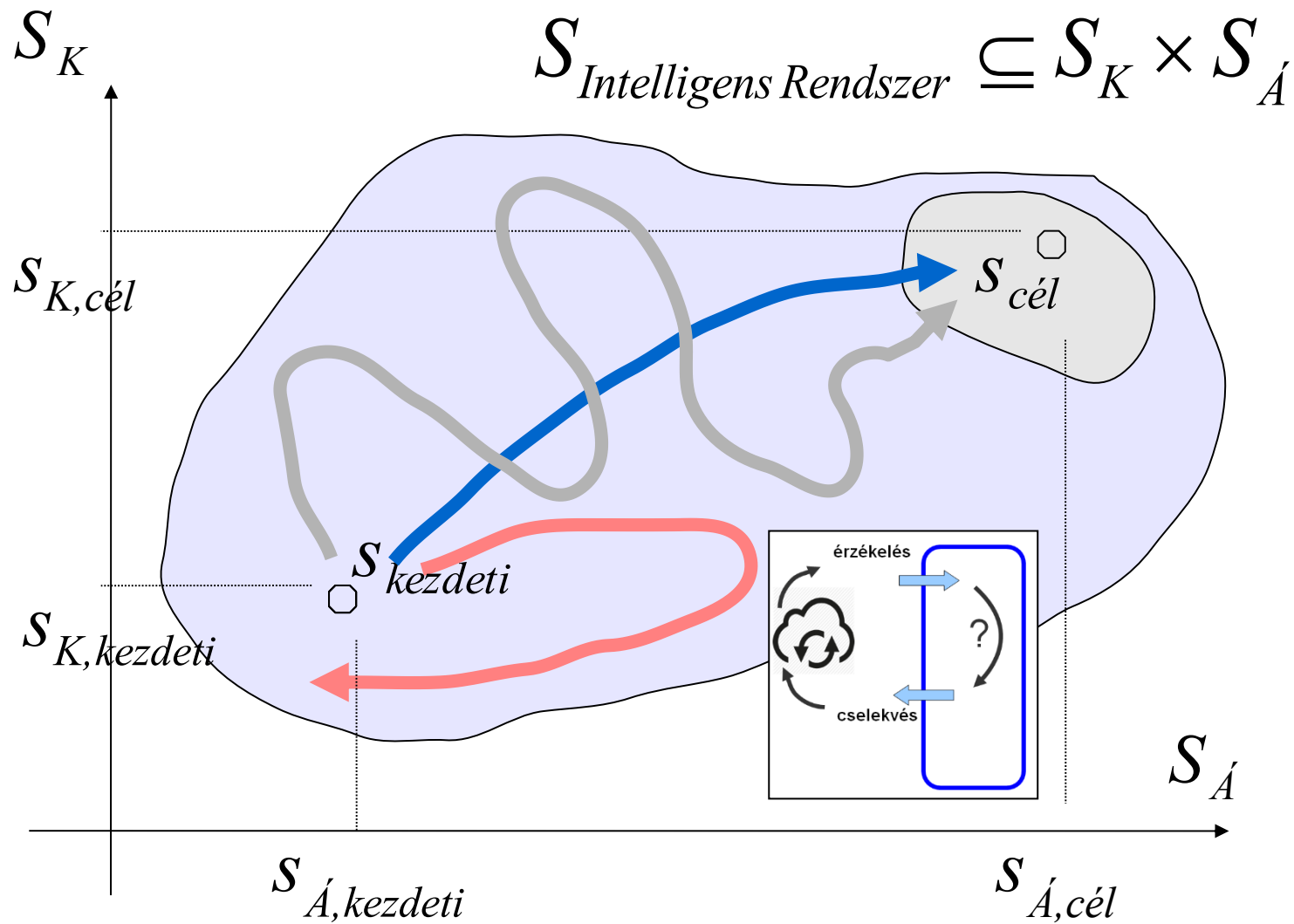
- Az ágens egy entitás, ami érzékel és cselekszik
- Absztrakt módon megfogalmazva egy függvényt valósít meg, ami az érzékeléseket képi le cselekvésre

$$[f: \mathcal{P}^* \rightarrow \mathcal{A}]$$

- Minden környezethez és feladat típushoz a lehető legjobb teljesítményű ágens keressük.

# Cél és trajektória

- Ágens „**célja**” a környezetének egy meghatározott állapotát elérni vagy megvalósítani, ami számára kívánatos:  $S_{\text{cél}}$
- Érzékelés és cselekvés közben ágens **egy trajektória** mentén halad.
- A trajektóriák nem egyformák.
- Egy „ügyes” ágens, olyan trajektóriát választ, ami „jó” vagy „hatékony” (esetleg más ágenseknél is jobb).



# Racionális cselekvés – intelligens ágens

- **Racionális cselekvés** = cél felé irányuló cselekvés
- **Intelligens ágens** – racionális módon választja meg a cselekvéseit és a célállapotait sikeresen éri el
- A tökéletes racionalitás lehetetlen, a számítási szükségletek túl nagyok.
- **Korlátozott racionalitás** - megfelelően cselekedni,
- miközben az összes számításra nincs elegendő idő.

# Mitől függ és mennyire mérhető az intelligencia?

- Kell egy mechanizmus, hogy jó trajektórián tartsa az ágenst, amíg különbség van a pillanatnyi és a célállapot között.
- Ágens feladata **érzékelésből „kiszámítani” a cselekvést**, de
  - érzékelések függenek az érzékelőktől,
  - cselekvések függenek a beavatkozótól,
  - a számítás módja függ az ágens felépítésétől.
- A cselekvés kiszámításának „ügyessége” kapcsolatba hozható a rendszer intelligenciájával.



# Környezet hatása az intelligenciára

➤ A szükséges intelligenciát befolyásolja a környezet

hozzáférhető

determinisztikus

epizódyszerű

statikus

diszkrét

egy ágens

kooperatív

nem hozzáférhető

nem determinisztikus

nem epizódyszerű

dinamikus

folytonos

több ágens

versengő

➤ A legnehezebb a **nem hozzáférhető, nem epizódyszerű, dinamikus, nem determinisztikus, és folytonos, többágenses** környezet.

➤ „Nehezebb” környezet „összetettebb” intelligenciát igényel

# Környezet hatása az intelligenciára

- A szükséges intelligenciát befolyásolja a környezet

hozzáférhető	<b>nem hozzáférhető</b>
determinisztikus	<b>nem determinisztikus</b>
epizódszerű	<b>nem epizódszerű</b>
statikus	<b>dinamikus</b>
diszkrét	<b>folytonos</b>
egy ágens	<b>több ágens</b>
kooperatív	<b>versengő</b>
- *A valós helyzetek legtöbbször olyan bonyolult, hogy gyakorlati okokból nem determinisztikusként kezelendők.*
- **Ágens „ellenségei”** (amiktől az intelligenciája korlátos, vagy romlandó)
  - (1) **véges erőforrásai** (rendelkezésre álló időt is beleértve)
  - (2) **információhiány érzékeléskor**
  - (3) **a környezet változékonysága**