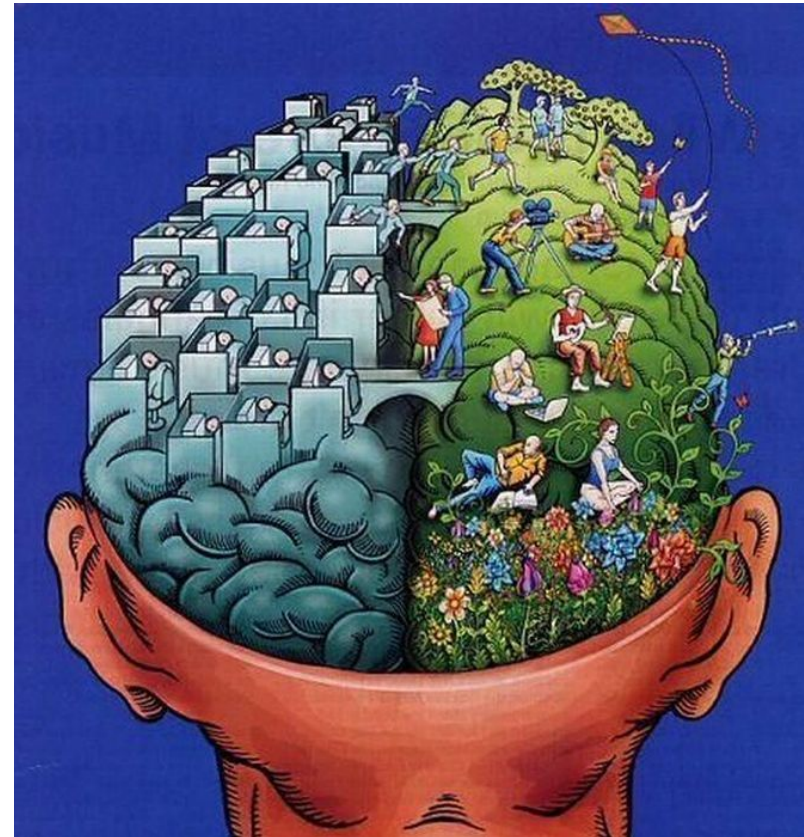


# Mesterséges Intelligencia MI

## Bevezető gyanánt

Dobrowiecki Tadeusz  
Eredics Péter, és mások

BME I.E. 437, 463-28-99  
[dobrowiecki@mit.bme.hu](mailto:dobrowiecki@mit.bme.hu),  
<http://www.mit.bme.hu/general/staff/tade>



Informatikában:

intelligencia egy tervezhető és skálázható rendszer-attribútum.

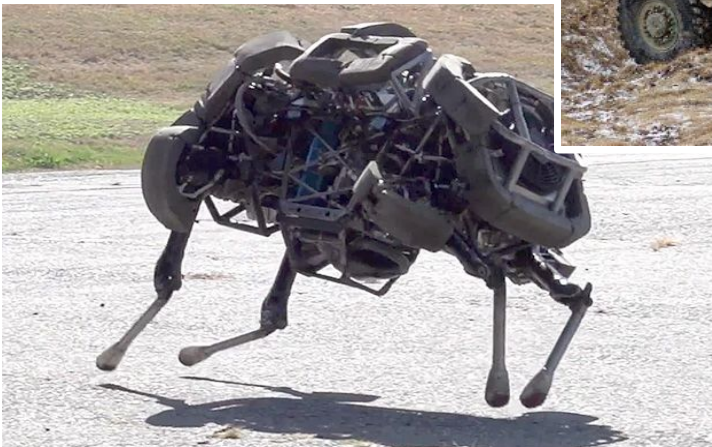
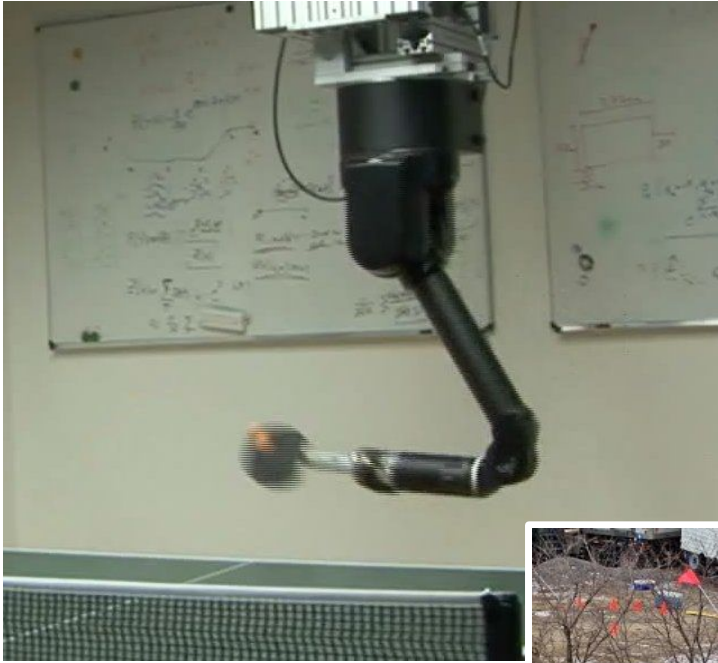
intelligencia révén igényes és újszerű szolgáltatásokat valósítunk meg.

egy informatikusnak tudnia kell a tervezett rendszer intelligenciával gazdálkodni.

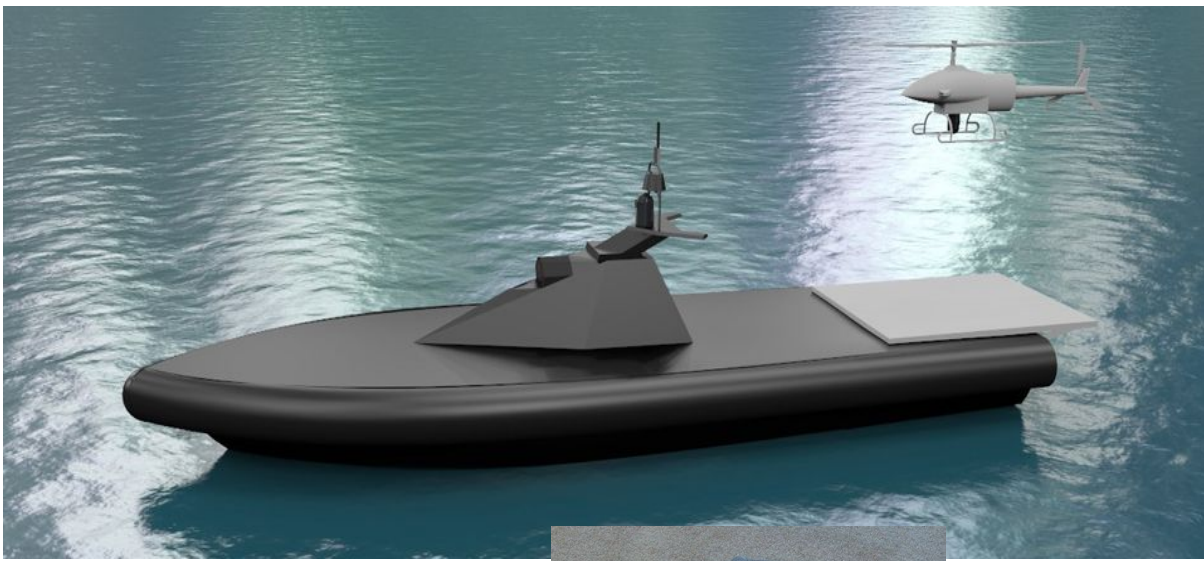
Megmutatjuk, hogy az intelligenciát hogyan lehet:  
matematikával kifejezni,  
algoritmusokkal párosítani, és  
megfelelő architektúrákba ágyazni.



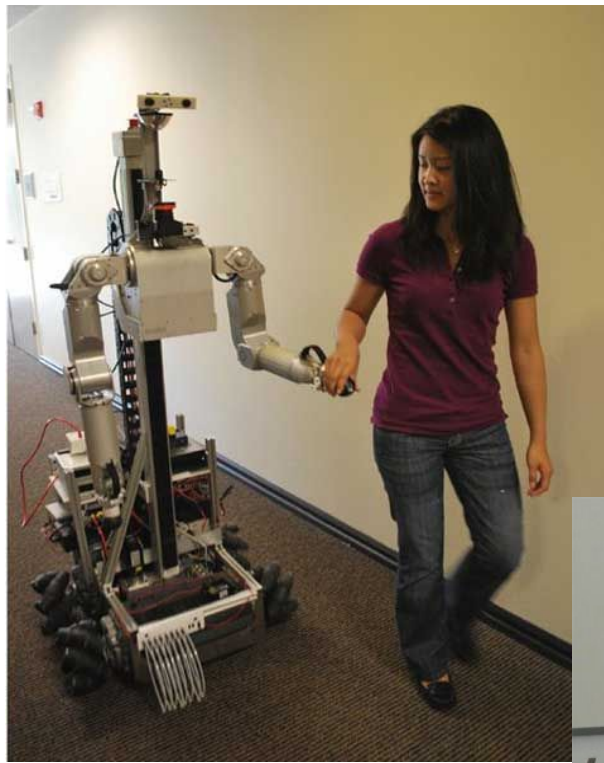




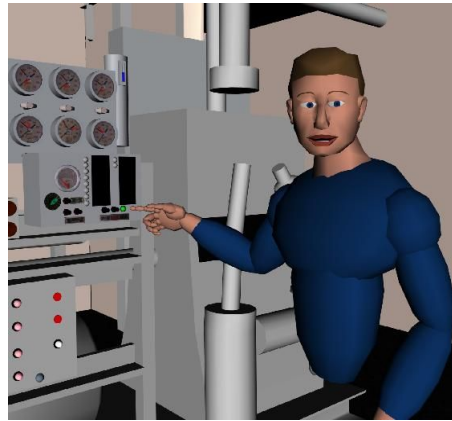


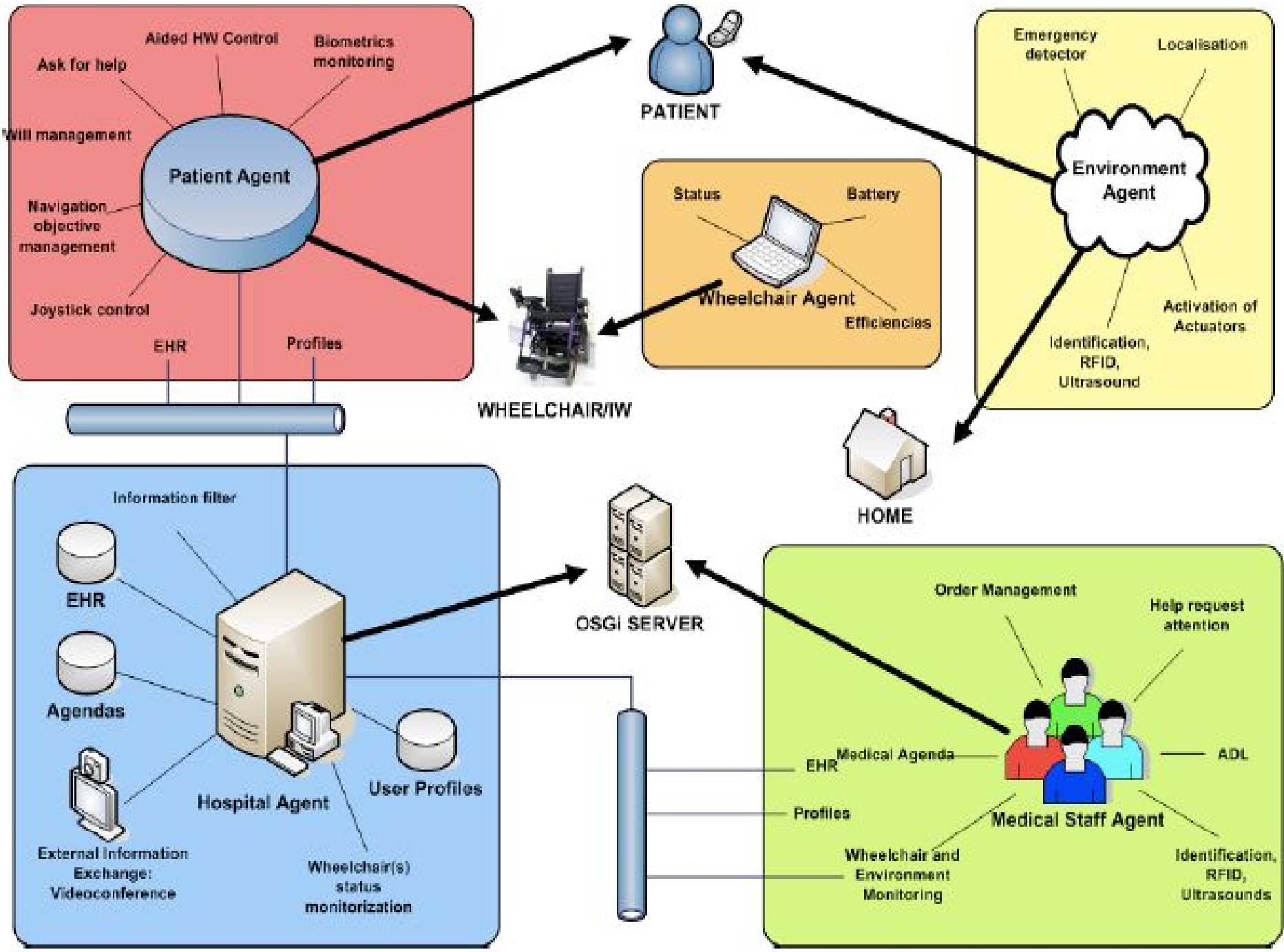




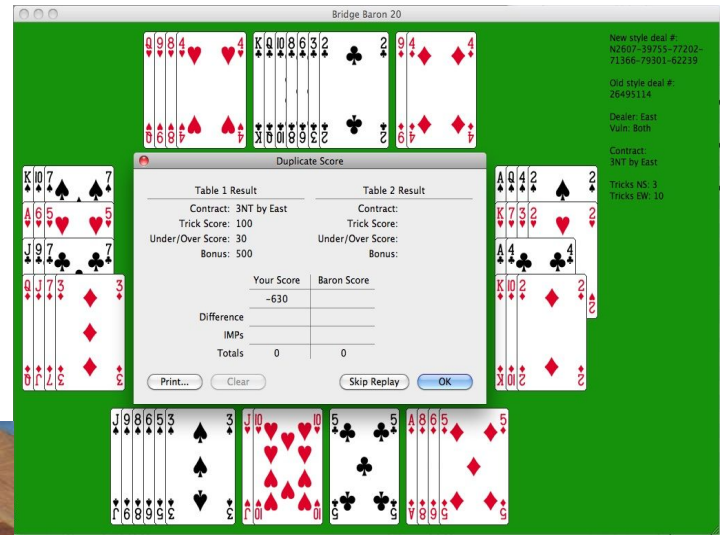
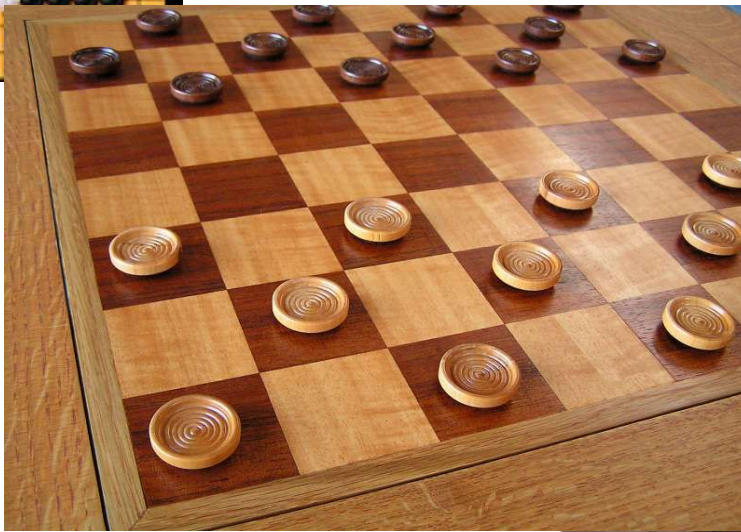
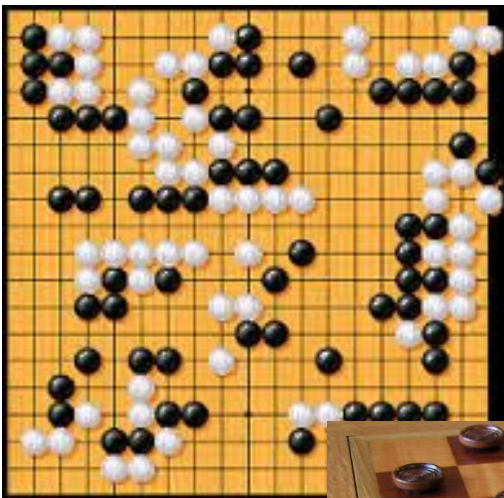








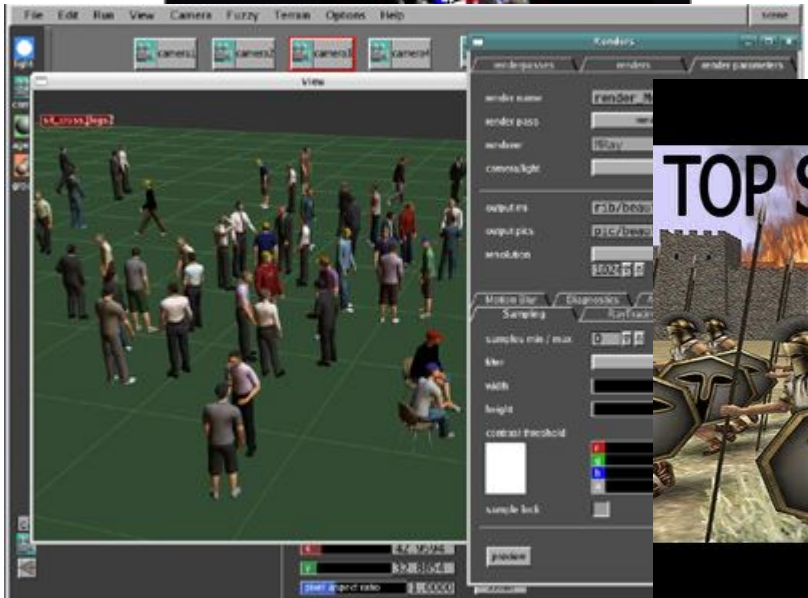
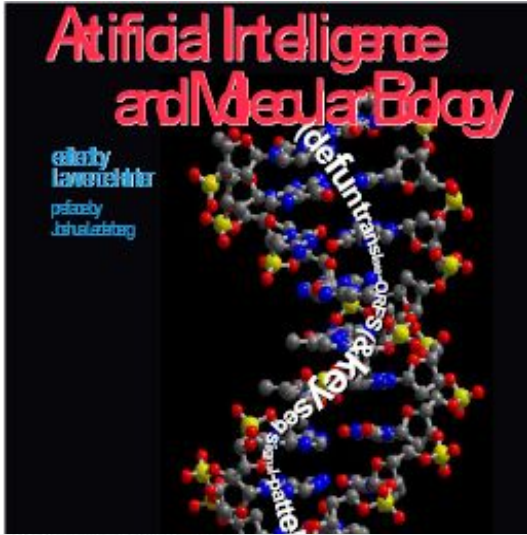




$$a \vee (b \vee c) = (a \vee b) \vee c$$

$$a \vee b = b \vee a$$

$$\neg(\neg(a \vee b) \vee \neg(a \vee \neg b)) = a$$





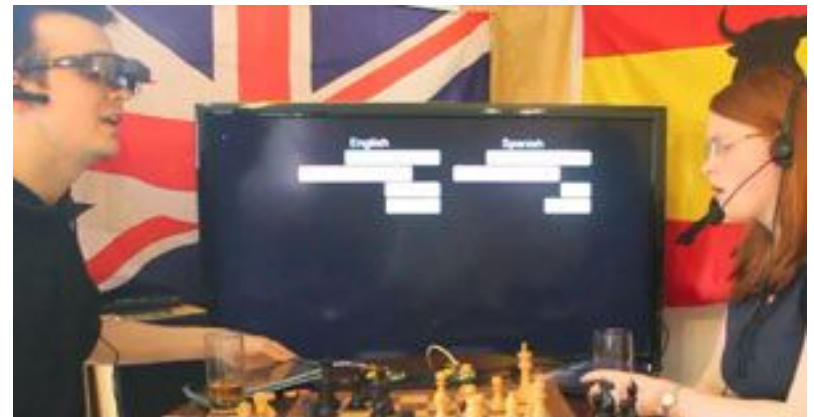


# Emerald:

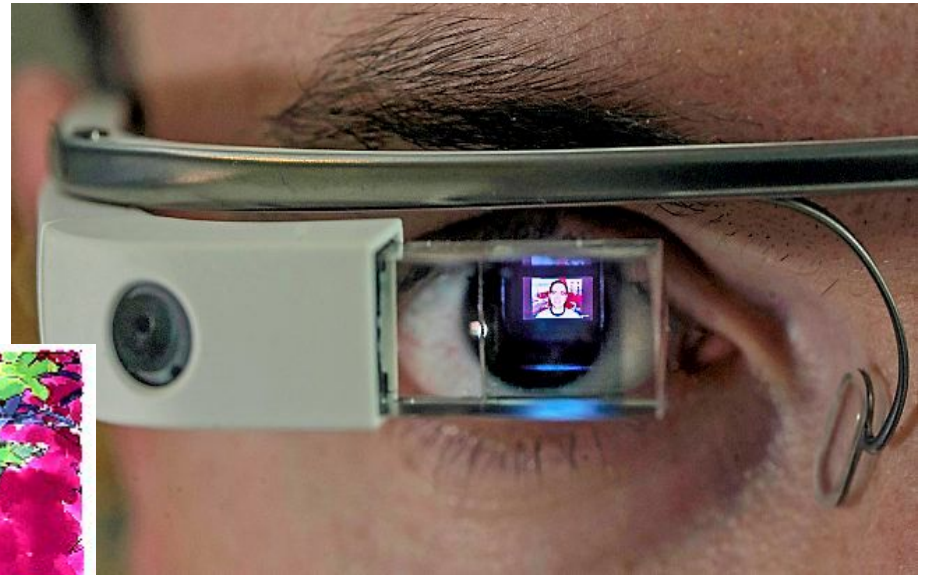
Integrated Legal Modelling Framework



1.0



It's great that something possible thanks to new technology



# Teljesen automata helikopter betegszállításához - 2013

Afganisztán: U.S. Marines – 2 db pilóta nélküli Lockheed Martin K-Max helikopter felszerelés szállításához

Afrika keleti partja: - U.S. Navy – hajóból indítható Northrop Grumman Fire Scout kalózkodok elleni járőrözéshez





# Teljesen automata helikopter betegszállításhoz - 2013

Medevac (helikopter mentőpilóta)

Amerikában az egyik legveszélyesebb foglalkozás (100000 : 113 = 885 : 1)

A munkakör csak a halászhajókon veszélyesebb.



<http://www.youtube.com/watch?v=i8yV5D8Cpoc>

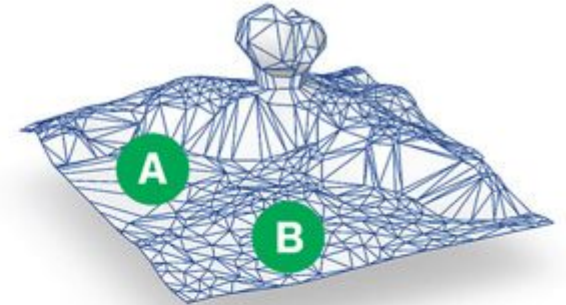
# Teljesen automata helikopter betegszállításához - 2013



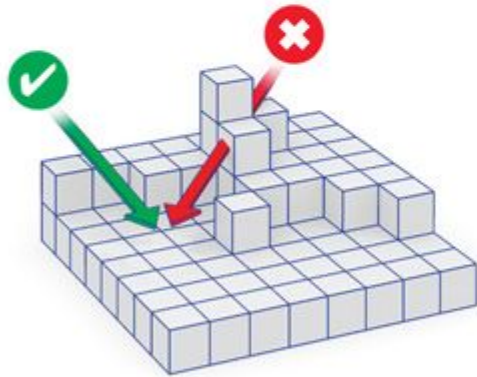
**1** The helicopter flies over the landing area.



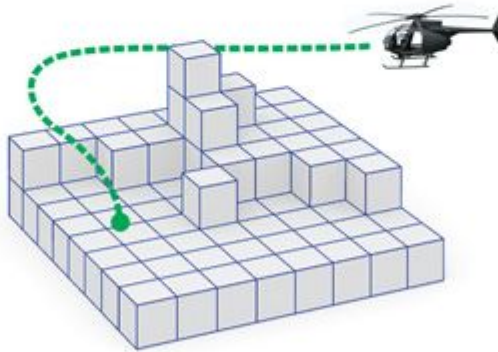
**2** The optical sensors under its nose scan the terrain to create a cloud of data points.



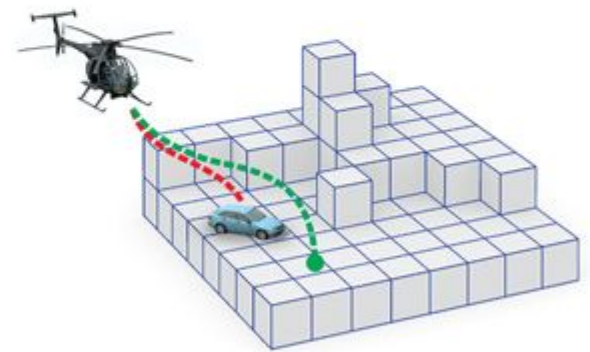
**3** The scanner maps the cloud in a high-definition 2-D form, then ranks a large set of potential landing sites.



**4** Meanwhile, the scanner also constructs a lower-definition 3-D map, to which it transposes the best landing areas. The system then searches the map for obstacle-free approaches to those areas.

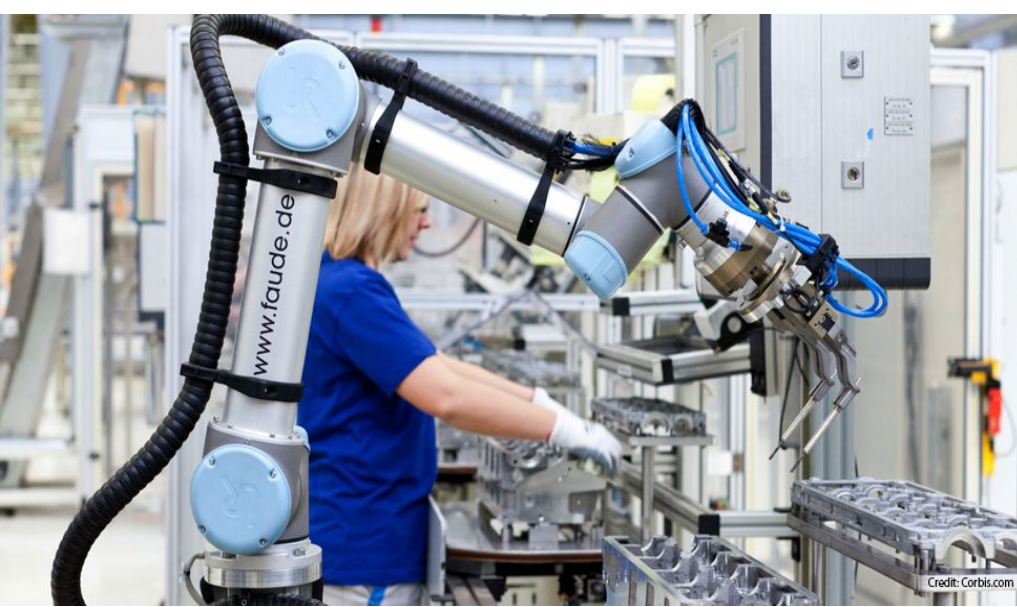


**5** The system chooses the best route to the primary landing area.



**6** If some new obstacle should suddenly block the way, it will opt for a different route, leading to a secondary landing area.





Biztonság  
roboté?  
felhasználóé?  
nézőé?  
és MYCIN története

"da Vinci Robot Allegedly  
Marketed to Less-Skilled Doctors"

„AI Cited for Unlicensed Practice of Law”

<http://spectrum.ieee.org/computing/software/automated-to-death>

[http://futureoflife.org/AI/open\\_letter\\_autonomous\\_weapons](http://futureoflife.org/AI/open_letter_autonomous_weapons)

# Irodalom a képekhez és még néhány film:

DARPA Grand Challenge, [https://en.wikipedia.org/wiki/DARPA\\_Grand\\_Challenge](https://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge)

DARPA Urban Challenge, <http://archive.darpa.mil/grandchallenge/>

Bridge Baron, <http://www.cs.umd.edu/~nau/bridge/bridge.html>

Chinook, <http://webdocs.cs.ualberta.ca/~chinook/project/>

Robbins algebra, <https://www.cs.unm.edu/~mccune/papers/robbins/>

Otter: An Automated Deduction System, <http://www.cs.unm.edu/~mccune/otter/>, <http://www.cs.unm.edu/~mccune/prover9/>

AARON Cybernetic Artist, <http://www.kurzweilcyberart.com/>

Google-glasses, <http://www.technologyreview.com/featuredstory/532691/google-glass-is-dead-long-live-smart-glasses/>

„AI Cited for Unlicensed Practice of Law”, <http://www.kurzweilai.net/ai-cited-for-unlicensed-practice-of-law>

Turing test, <http://plato.stanford.edu/entries/turing-test/>

The Loebner Prize in Artificial Intelligence, <http://www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html>

"da Vinci Robot Allegedly Marketed to Less-Skilled Doctors", <http://www.prweb.com/releases/2013/5/prweb10710140.htm>,

<http://www.davincisurgery.com/>

Automated to Death, <http://spectrum.ieee.org/computing/software/automated-to-death>

Home robots, <http://www.care-o-bot.de/en/care-o-bot-3.html>

Remote Agent, <http://ti.arc.nasa.gov/tech/asr/planning-and-scheduling/remote-agent/>

Titan Mare Explorer, [http://www.nasa.gov/pdf/580675main\\_02\\_Ellen\\_Stofan\\_TiME\\_.pdf](http://www.nasa.gov/pdf/580675main_02_Ellen_Stofan_TiME_.pdf)

Robonaut 2, <http://robonaut.jsc.nasa.gov/>

Test Arenas, <http://www.nist.gov/el/isd/testarenas.cfm>

Robotic Search and Rescue, [http://wiki.robocup.org/wiki/Robot\\_League](http://wiki.robocup.org/wiki/Robot_League)

Ambiens Intelligencia (Ambient Intelligence), [https://en.wikipedia.org/wiki/Ambient\\_intelligence](https://en.wikipedia.org/wiki/Ambient_intelligence)

Ambient Assisted Living, [http://www2.csd.uoc.gr/hy564/files/material/03/survey on aal tools for older adults.pdf](http://www2.csd.uoc.gr/hy564/files/material/03/survey%20on%20aal%20tools%20for%20older%20adults.pdf)

Care-O-bot 3 informational video, <https://www.youtube.com/watch?v=s9CraxEzZLw>

Service robots in nursing homes: Care-O-bot 3 and CASERO, [https://www.youtube.com/watch?v=dx0zxr3D\\_zU](https://www.youtube.com/watch?v=dx0zxr3D_zU)

First Movement of Robonaut 2 on ISS, [https://www.youtube.com/watch?v=gLX\\_sKTU2I](https://www.youtube.com/watch?v=gLX_sKTU2I)

IBIS PIAP, <https://www.youtube.com/watch?v=c-X6tHyNpf8>

AI vs. AI. Two chatbots talking to each other, <https://www.youtube.com/watch?v=WnzIbyTZsQY>

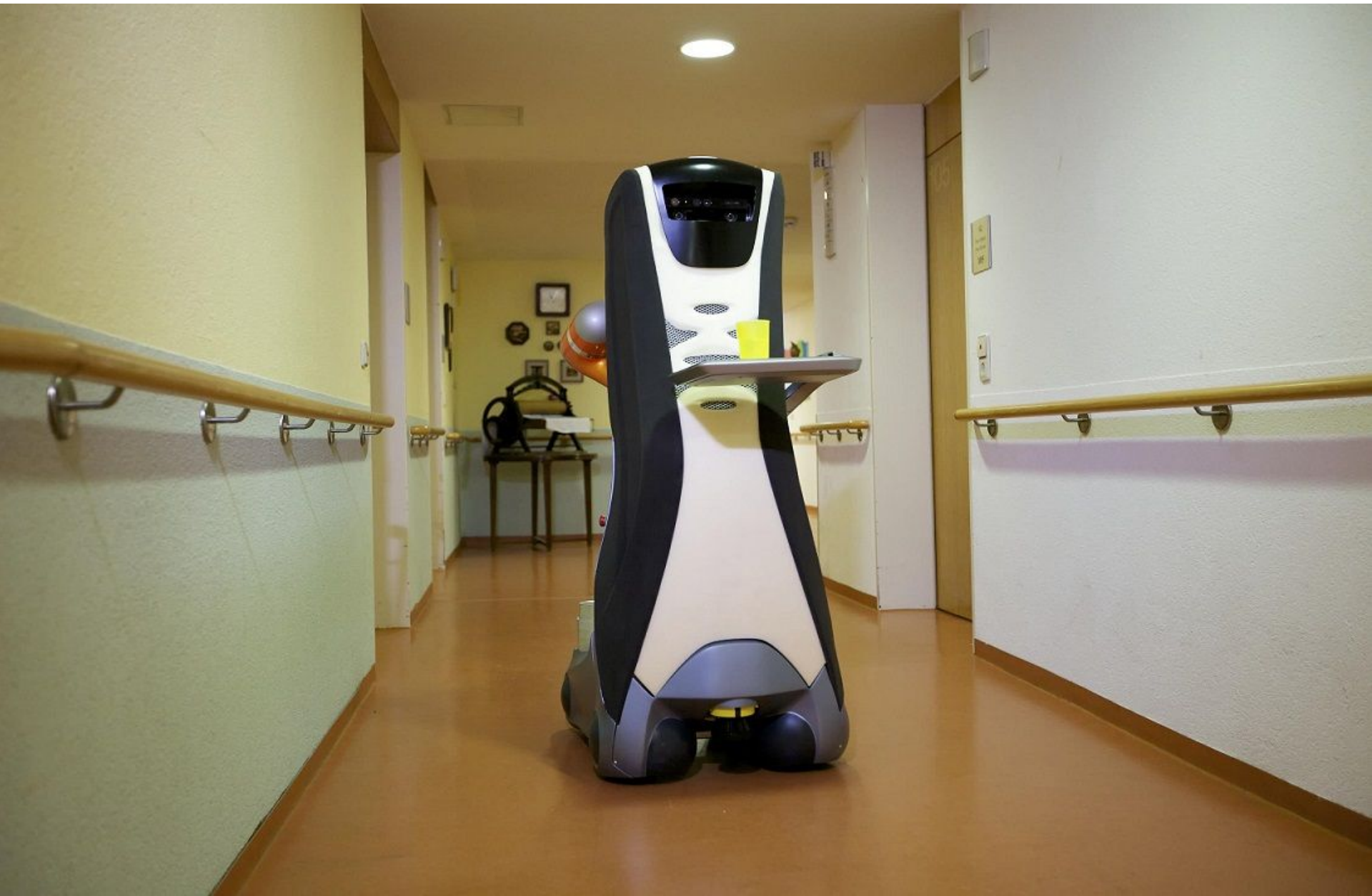
Creepily realistic robot, <https://www.youtube.com/watch?v=IhVu2hxm07E>

Robot doctors helping Canadians with limited access to health care, [https://www.youtube.com/watch?v=D3PMmzIS\\_Kk](https://www.youtube.com/watch?v=D3PMmzIS_Kk)

A Day in the Life of a Kiva Robot, <https://www.youtube.com/watch?v=6KRjuuEVEZs>

NIST Robotics Test Facility, <https://www.youtube.com/watch?v=iyEWJszoqZU>





információ



fizikai hatás

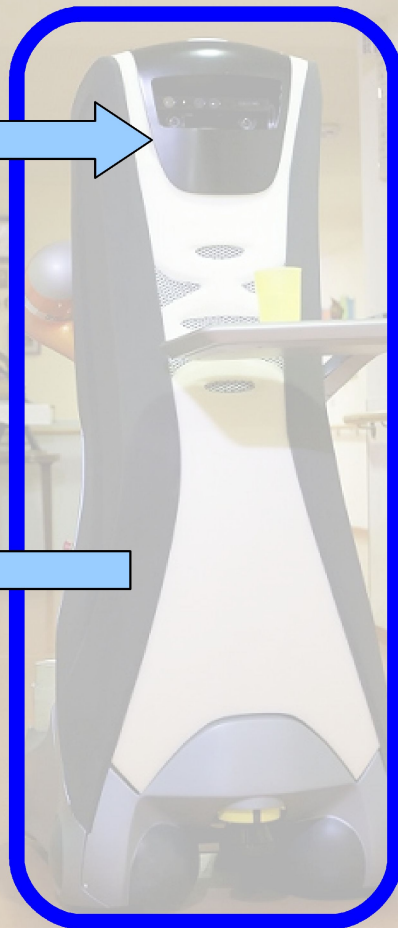


... információ-  
begyűjtés  
eszközei

⇒ **szenzorok**

... hatáskifejtés  
eszközei

⇒ **beavatkozók ...**



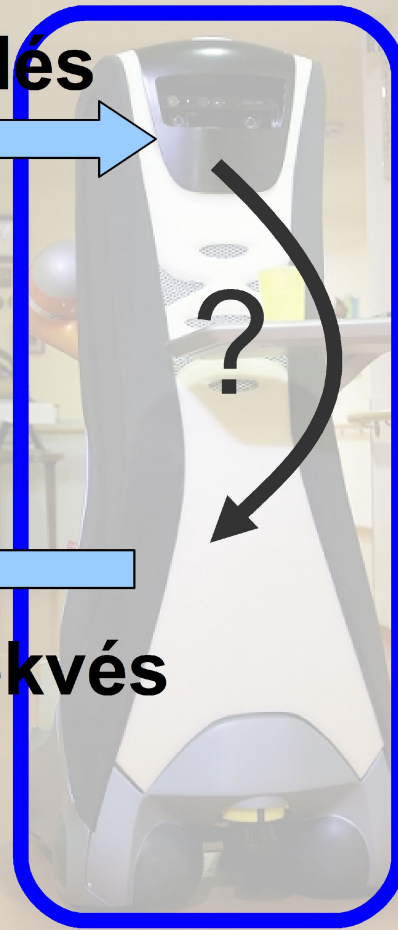




**érzékelés**



**cselekvés**



**ágens**

a környezetébe  
ágyazott,  
vele folyamatos  
köölcsönhatásban  
lévő, ...  
érzékelőivel érzékeli,  
beavatkozóival  
megváltoztatja ...

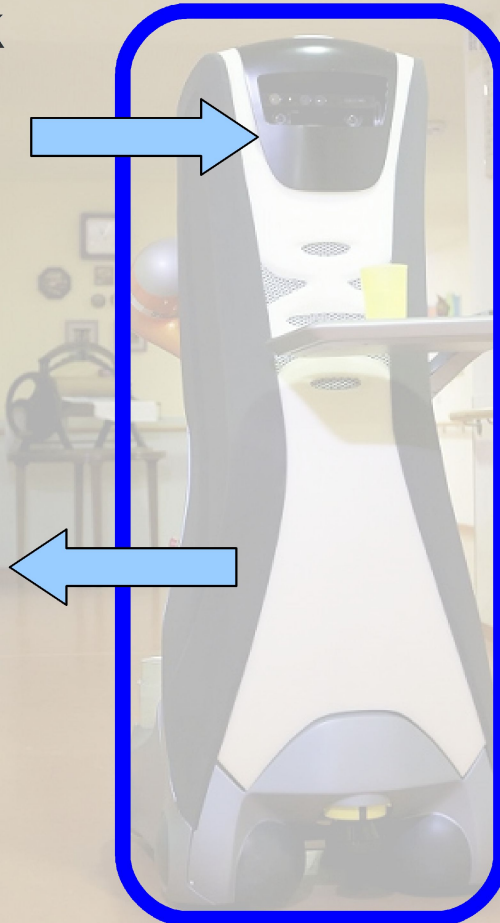
Ágens környezetének  
 $s_K(t)$  állapotai vannak

Ágensnek magának is  
 $s_A(t)$  állapotai vannak

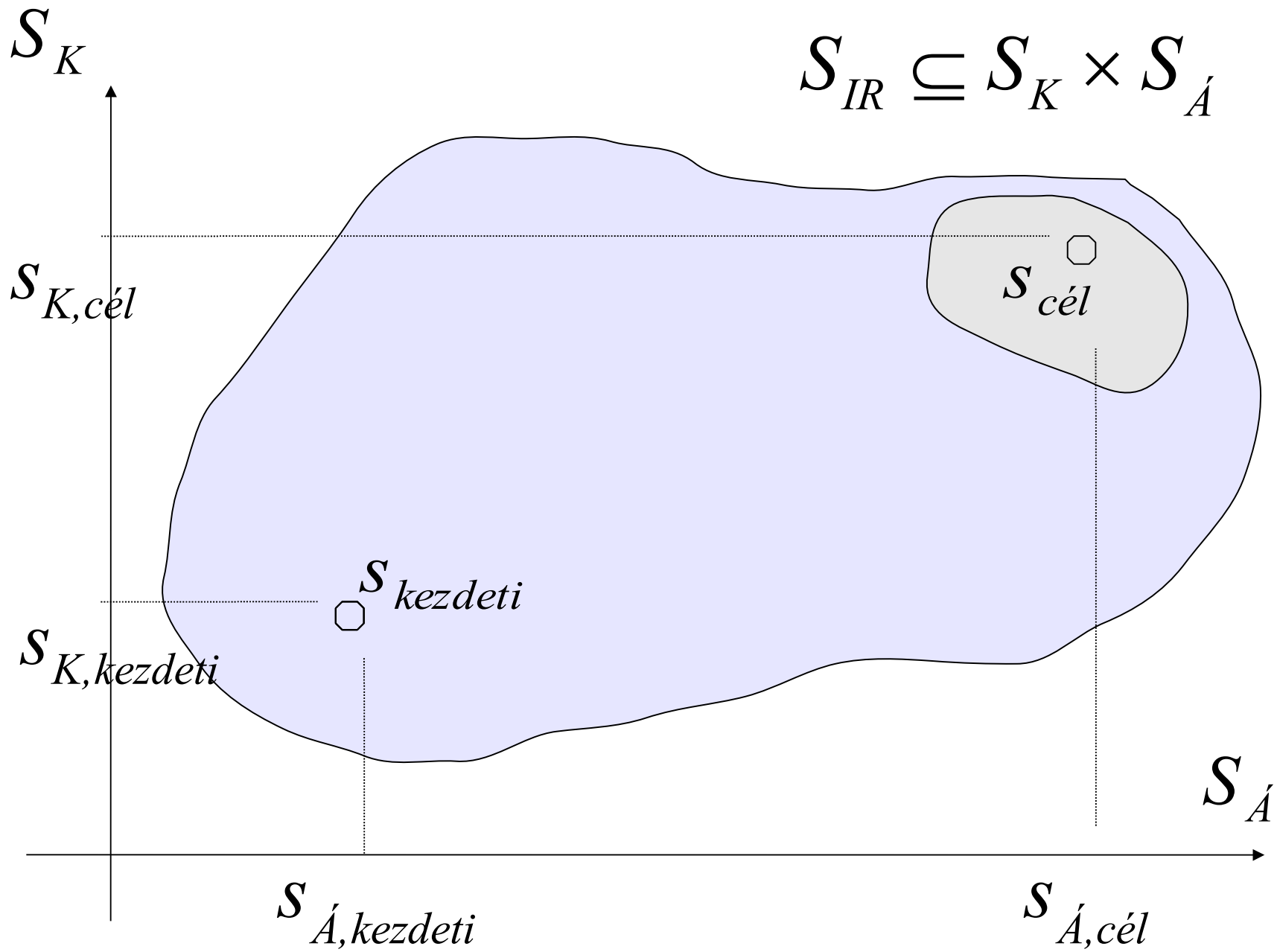
$$s_K(t) \in S_K$$

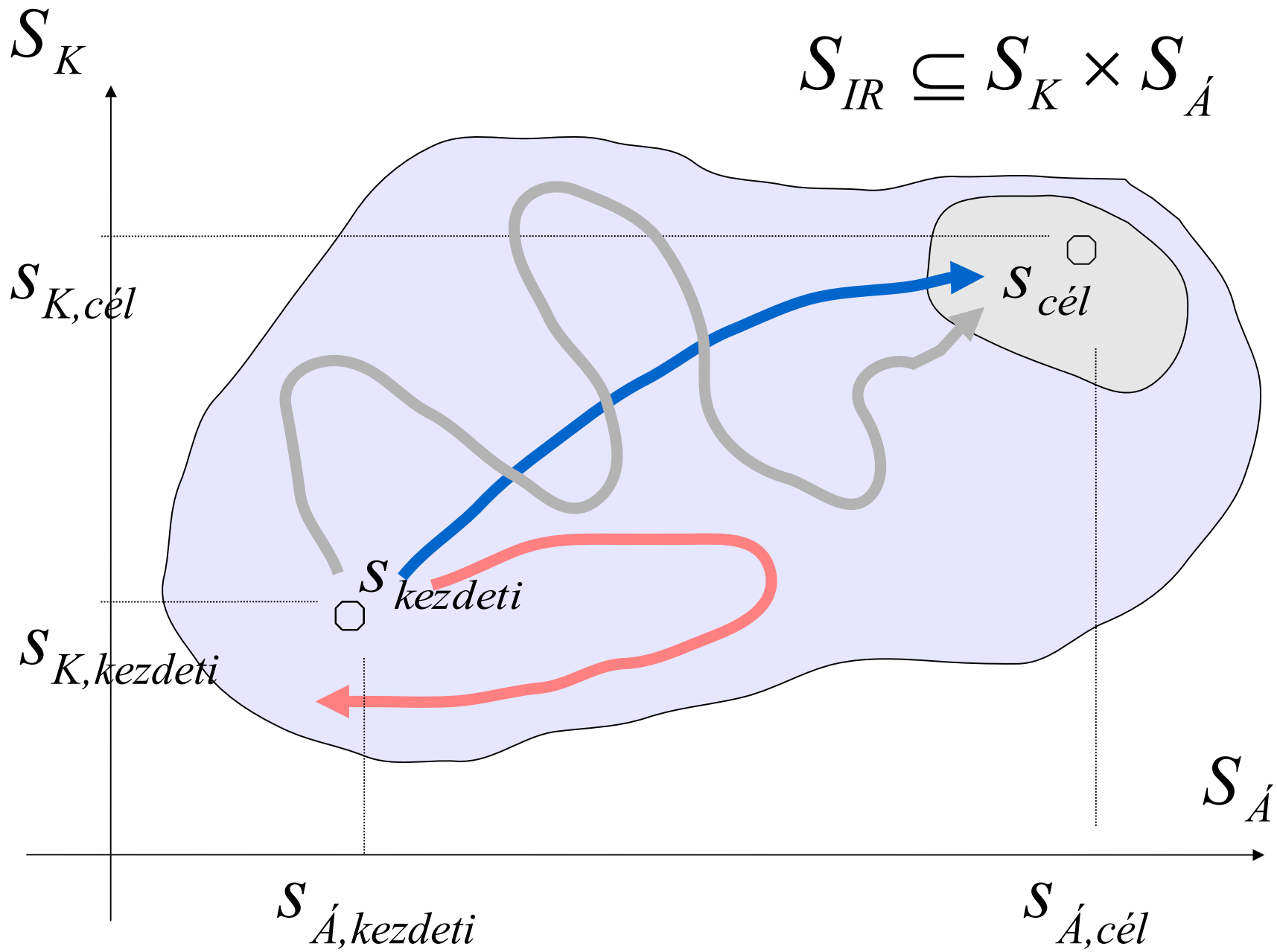
$$s_A(t) \in S_A$$

$$S_{IR} \subseteq S_K \times S_A$$











# Meglehetősen triviális észrevételek

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. Trajektóriák nem egyformák. Olyan ágens, ami egy jó (hatékony, ...) trajektóriát választ, más ágensnél ügyesebb.

**Racionális cselekvés** = cél felé irányuló cselekvés.

**Intelligens ágens** – racionális módon választja meg a cselekvéseit és a célállapotait sikeresen éri el a környezeti változások, nehézségek, ... ellenére.

A tökéletes racionalitás lehetetlen, a számítási szükségletek túl nagyok. **Korlátozott racionalitás** - megfelelően cselekedni, miközben az összes számításra nincs elegendő idő.

**Intelligens ágens egy „ügyes szabályozó”** (egy nagyon bonyolult matematikájú feladatban)

Kell egy mechanizmus, hogy jó trajektórián tartsa a rendszert, amíg különbséget érez a pillanatnyi és a célállapot között.

Ágens feladata **érzékelésből „kiszámítani” a cselekvést**, de

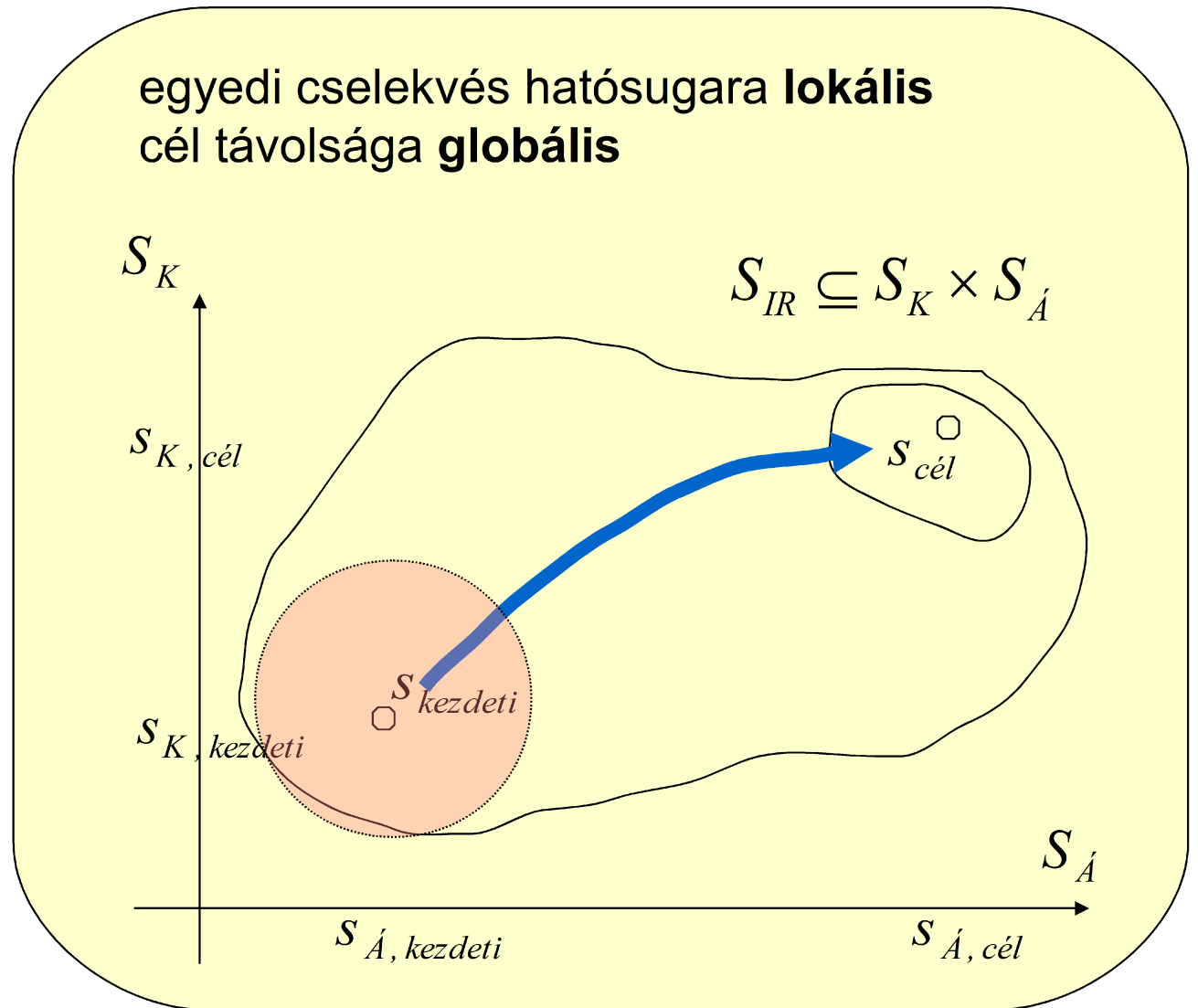
- érzékelések függenek az érzékelőktől,
- cselekvések függenek a beavatkozóktól,
- „kiszámítani” függ az ágens felépítésétől.

A cselekvések hatása összetett lehet:

- kifelé a fizikai környezetre ható  
jó trajektória = jó **feladatvégzés**
- befelé saját kognitív struktúrákra ható  
jó trajektória = sikeres **adaptáció, tanulás**
- kifelé más ágensekre ható (pl. kommunikáció révén)  
jó trajektória = sikeres **együttműködés**.



# 1. Probléma: a „távolság”



egyetlen döntés  
nem elég

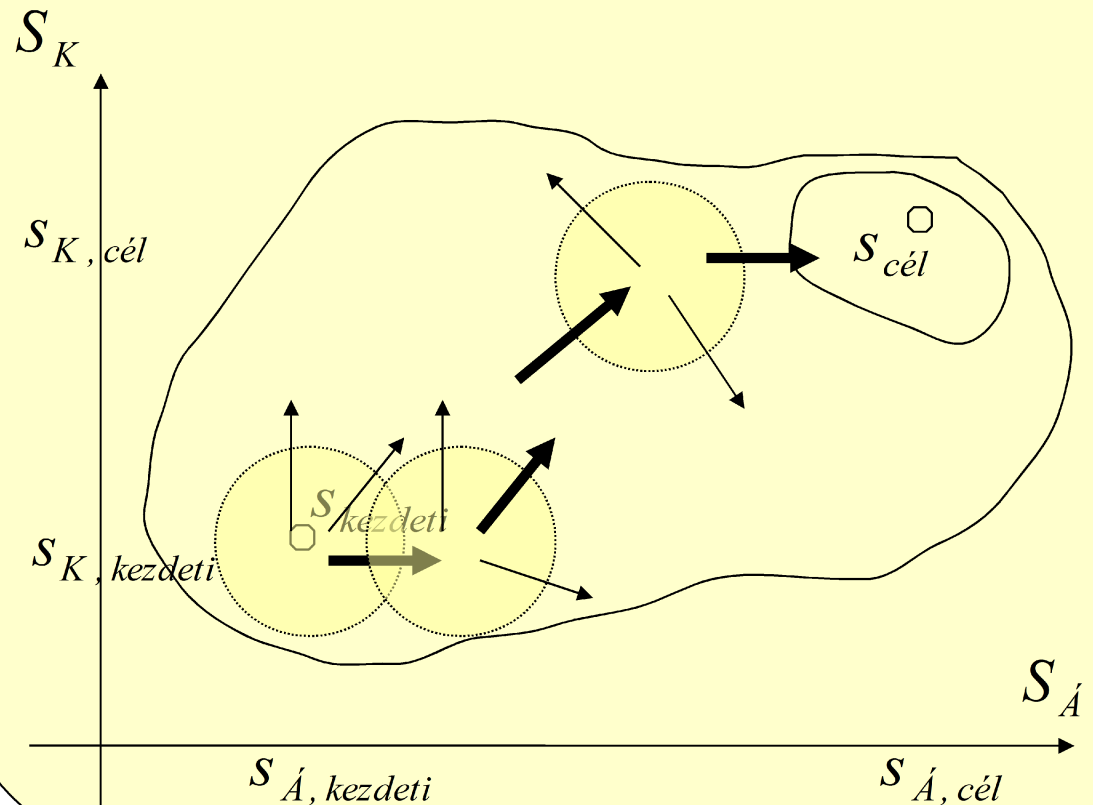
## 2. Probléma: a „helyes irány”

egyetemes **keresési** algoritmus

mi lenne, ha ... lépnénk,

és akkor mi lenne, ha tovább ... lépnénk

és akkor ...



mi egy cselekvés  
„iránya”?



### 3. Probléma: a dinamika



ha „romlik”  
gyorsabb,  
mint „javul”

## „Pingvin - elv”

– egy rendszer csak a natív környezetében lehet igazán intelligens.



## „Ferrari - elv”

– egy rendszer igazán intelligens, ha a feladat szükségleteinek megfelel. Annál kevesebb, de annál több intelligencia is – hátrány.

# Intelligenciához – matematikán keresztül

Egy helység ajtónyitó mechanizmus része egy oszlop, négy, egy magasságban, szimmetrikusan elhelyezett nyílással.

Minden nyílás mélyén egy kapcsoló van, mely „fel”, vagy „le” állásban lehet. Ha mind a négy kapcsoló azonos állásban lesz, az ajtó ki fog nyílni.

Az oszlop elegendően kicsi, az ágens két beavatkozással (kezével) át tudja ölelni, tehát tetszőleges kapcsolópárhoz férhet hozzá egyszerre.

Azonban, ahogy a kezét a nyílásból kiveszi, az oszlop megpördül és véletlen számú negyed fordulat megtételével áll csak meg. Ágens tehát egyszerre legfeljebb két kapcsoló állását megváltoztathatja, majd a kezeit egyszerre rántja ki. Forgás után a nyílások identitása külsőleg nem különböztethető meg.

Tegyük fel, hogy az ajtónyitás egy időkritikus feladat (trajektória) része. Az ágens mit tegyen?



(„The Secret Chamber” by Kevin J. Lin,  
<http://www.greylabyrinth.com/puzzle/puzzle102> felhasználásával)



**Mi a teendő?** a problémát megoldani.  
a megoldást megérteni (és tudni alkalmazni).

## Triviális

ha az ágensnek 0 keze lenne, akkor nem oldható meg,  
ha 4 keze lenne, a véletlen forgás nem akadály, egy lépésben!  
ha 1 keze lenne, akkor hm, hm, ..., sok esélye nincs,  
ha 2, vagy 3 keze lenne, akkor ... lássuk!

## Mit tudunk?

A feladat nehézsége ~ az ágens lehetőségei

A probléma véletlen. Valószínűségszámítás?

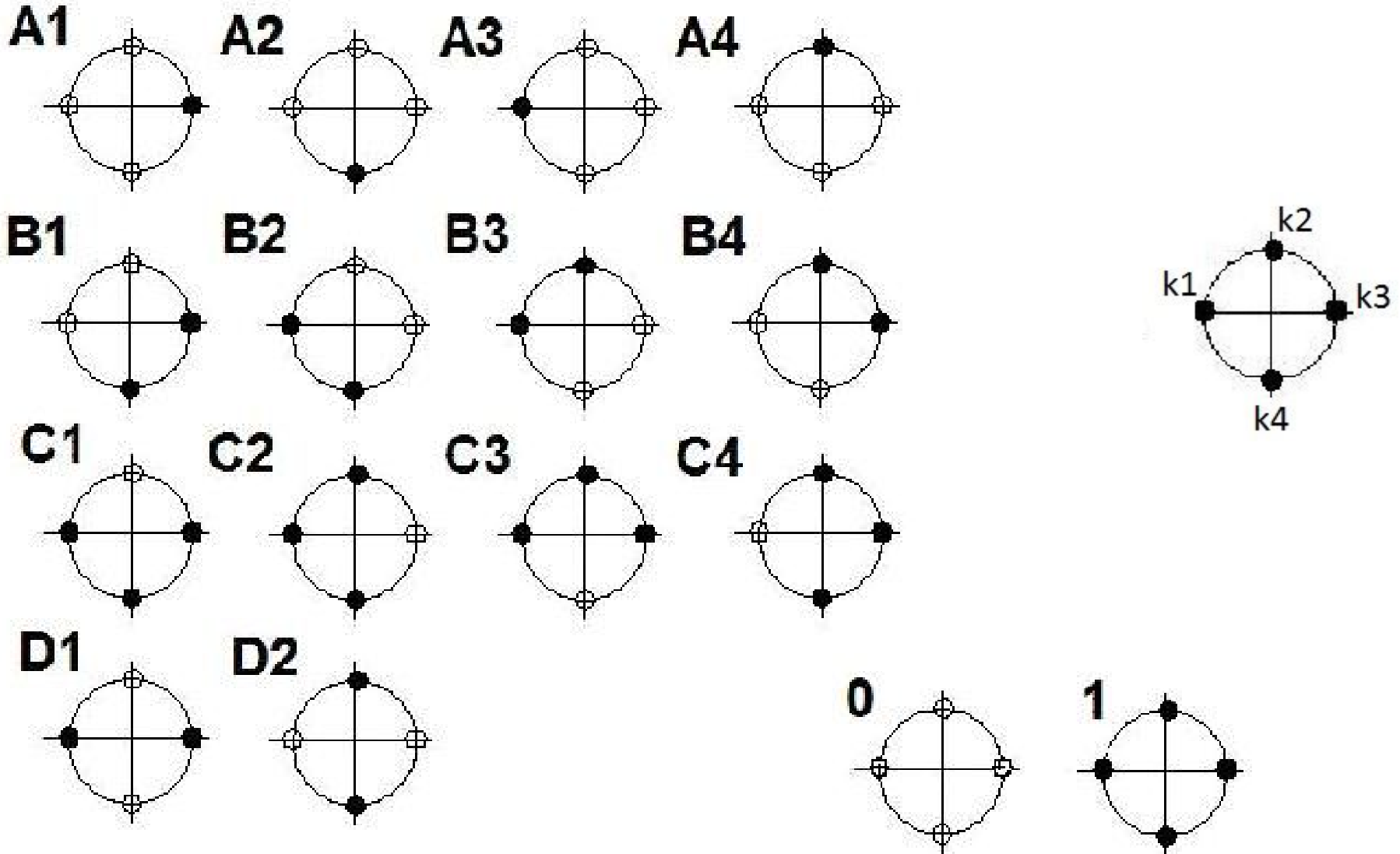
Minden kapcsolóállásnak elvben kiszámítható a valószínűsége.

De a véges megoldás (túlélés) csak valószínű, nem garantált.

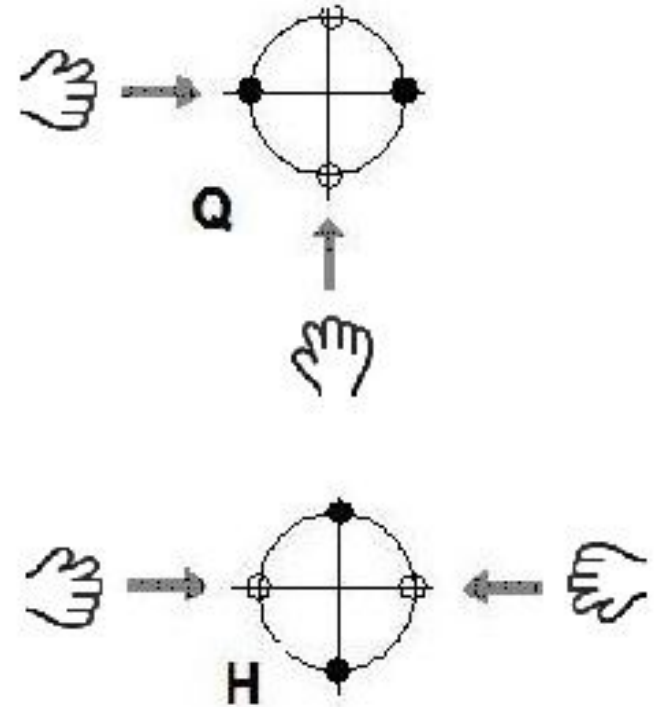
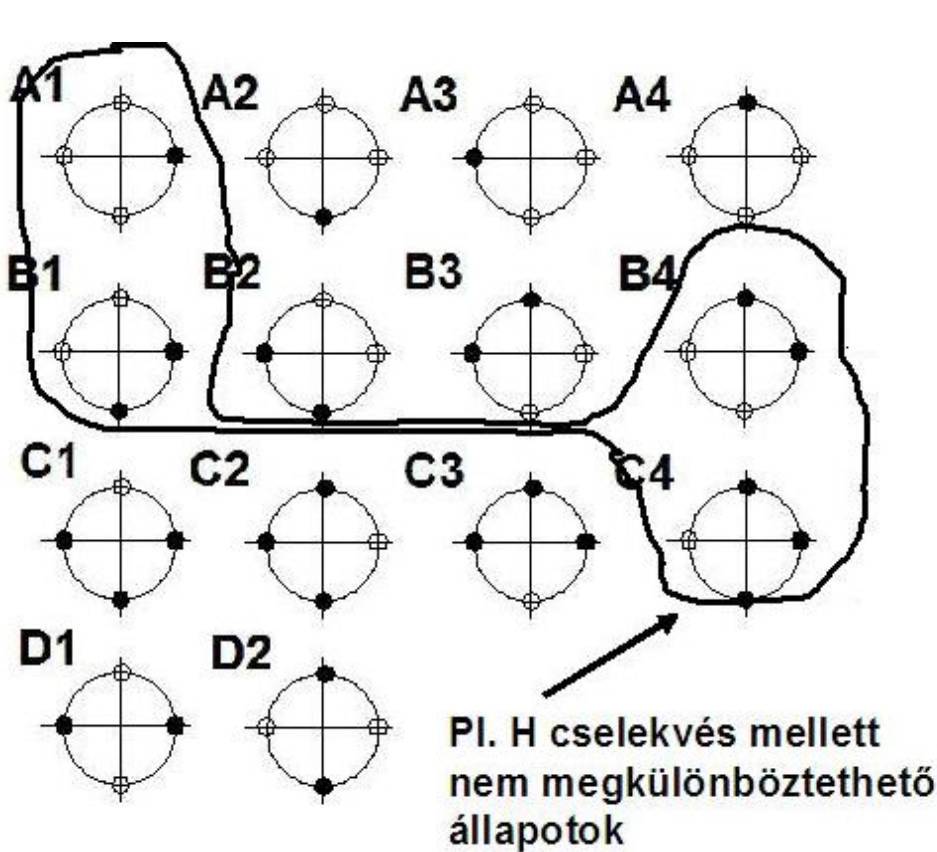
A garantált megoldás csak végtelen idő múlva. Felejtsük el!

**Fontos:** a garantált megoldást nem csak tudni kell kiszámítani,  
maradjon idő annak alkalmazására is!

**Mit nem tudunk?** A kapcsolók fizikai identitását (pl. a gy.sz.) kikapintani nem tudjuk. A probléma konkrét **fizikai állapotait** nem tudjuk érzékelni.



**Érzékelés:** Q és H séma, a véletlen beállítás miatt más helyzetektől ezek nem különböztethetők meg.



**Érzékelhető = fizikai állapothalmazok = hiedelmi állapotok**

Intelligens rendszereknek hiedelmi állapotai vannak.

Azok fejezik ki a hiányos érzékelés okozta információhiányt.



Nevezzük el a megfelelő fizikai állapothalmazokat:

A, B, C, D, 01, és a hiedelmi állapotokat azok kombinációival, (AB), (BD0), stb. (Az előbbi ábra az (ABC) hiedelmi állapot)

A kezdeti hiedelmi állapot (semmit sem tudunk, kivéve, hogy az ajtó nem nyílt meg), az (ABCD), a kívánt cél a (01) állapot.

Legyen az érzékelés és cselekvés leírása:

**IF érzékelés bal-, érzékelés jobb kézzel**

**THEN kapcsolgatás bal-, kapcsolgatás jobb kézzel**

pl.

(QFL, LF), (HFF, LL), általánosan (QXY,  $\neg$ XY), stb.

Észrevehető pl., hogy ha az oszlop a D állapotban lenne, akkor **HXY,  $\neg$ X $\neg$ Y** hatására, (D)  $\rightarrow$  (01), és az ajtó ki is nyílik!

Ha viszont az oszlop B állapotban lenne, akkor **QXY,  $\neg$ X $\neg$ Y**-re (B)  $\rightarrow$  (D01), és az ajtó vagy kinyílik, vagy (D) állapotba kerül.

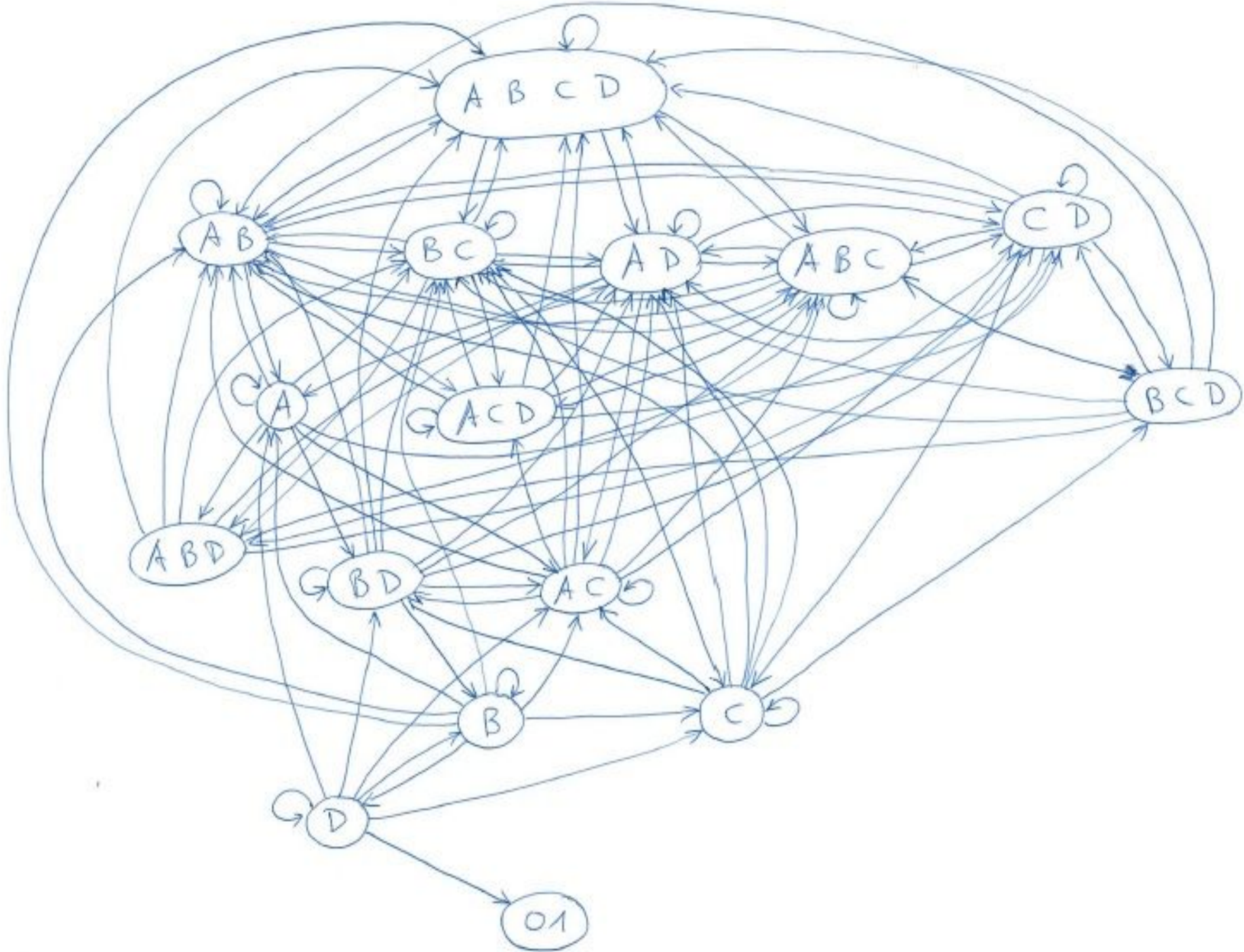
De igazából kellene egy egész kapcsolgatási lánc

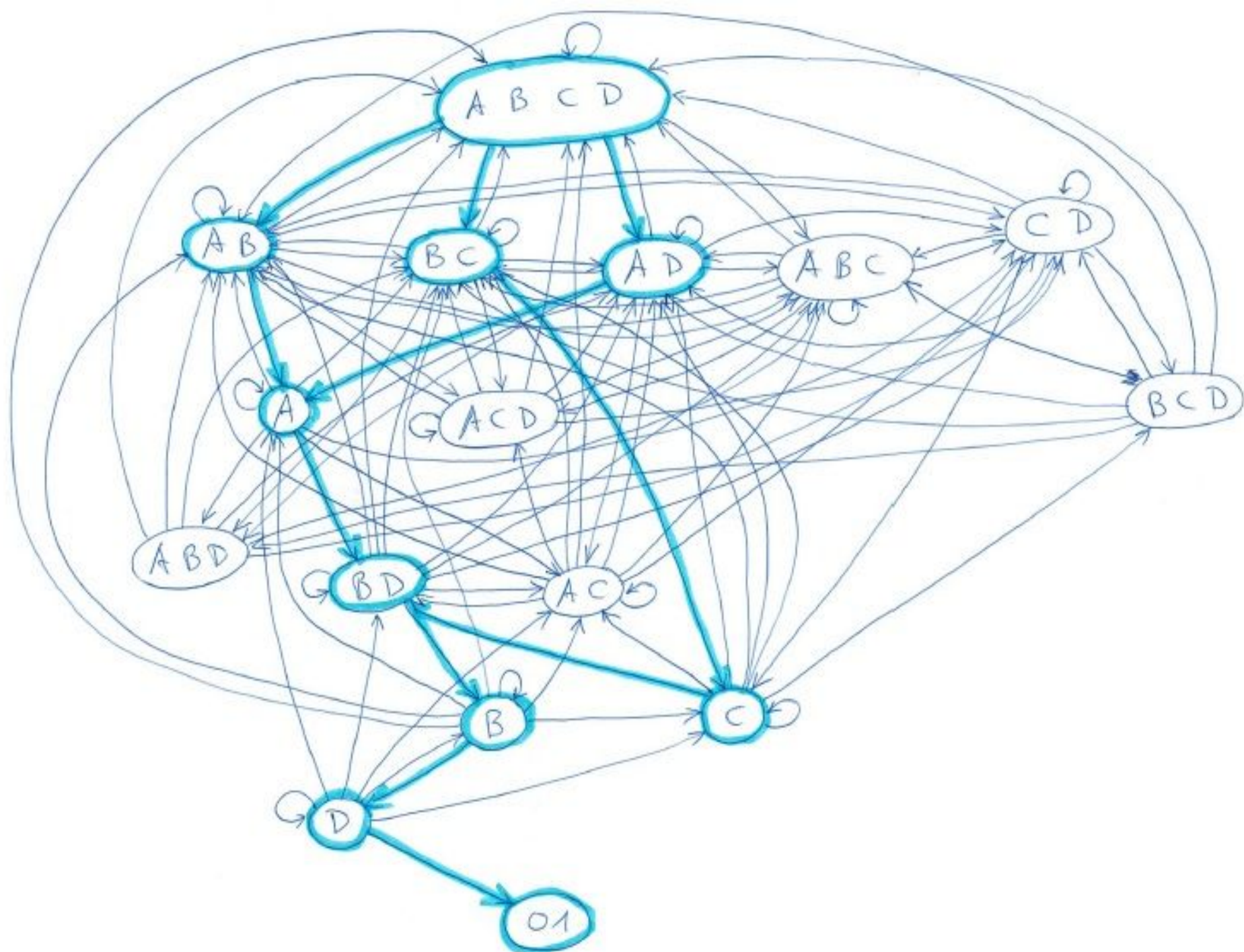
(ABCD)  $\rightarrow$  ...  $\rightarrow$  (01).

	A	B	C	D
NOP, QLL	0A	0AB	AB	A
NOP, QLF	ABD	ABCD	BCD	BD
NOP, QFL	ABD	ABCD	BCD	BD
NOP, QFF	BC	1BC	1C	C
NOP, HLL	0A	A	AD	0D
NOP, HLF	AB	B	BC	AC
NOP, HFL	AB	B	BC	AC
NOP, HFF	CD	C	1C	1D
QXY, Q-X-Y	0BD	AC	1BD	AC
QXY, QX-Y	0BD	AC	1BD	AC
QXY, Q-X-Y	AC	01D	AC	B
HXY, H-X-Y	0BD	AC	1BD	AC
HXY, HX-Y	0BD	AC	1BD	AC
HXY, H-X-Y	AC	B	AD	01

	A	B	C	D
NOP, QLL	A	AB	AB	A
NOP, QLF	ABD	ABCD	BCD	BD
NOP, QFL	ABD	ABCD	BCD	BD
NOP, QFF	BC	BC	C	C
NOP, HLL	A	A	AD	D
NOP, HLF	AB	B	BC	AC
NOP, HFL	AB	B	BC	AC
NOP, HFF	CD	C	C	D
QXY, Q-X-Y	BD	AC	BD	AC
QXY, QX-Y	BD	AC	BD	AC
QXY, Q-X-Y	AC	D	AC	B
HXY, H-X-Y	BD	AC	BD	AC
HXY, HX-Y	BD	AC	BD	AC
HXY, H-X-Y	AC	B	AD	01







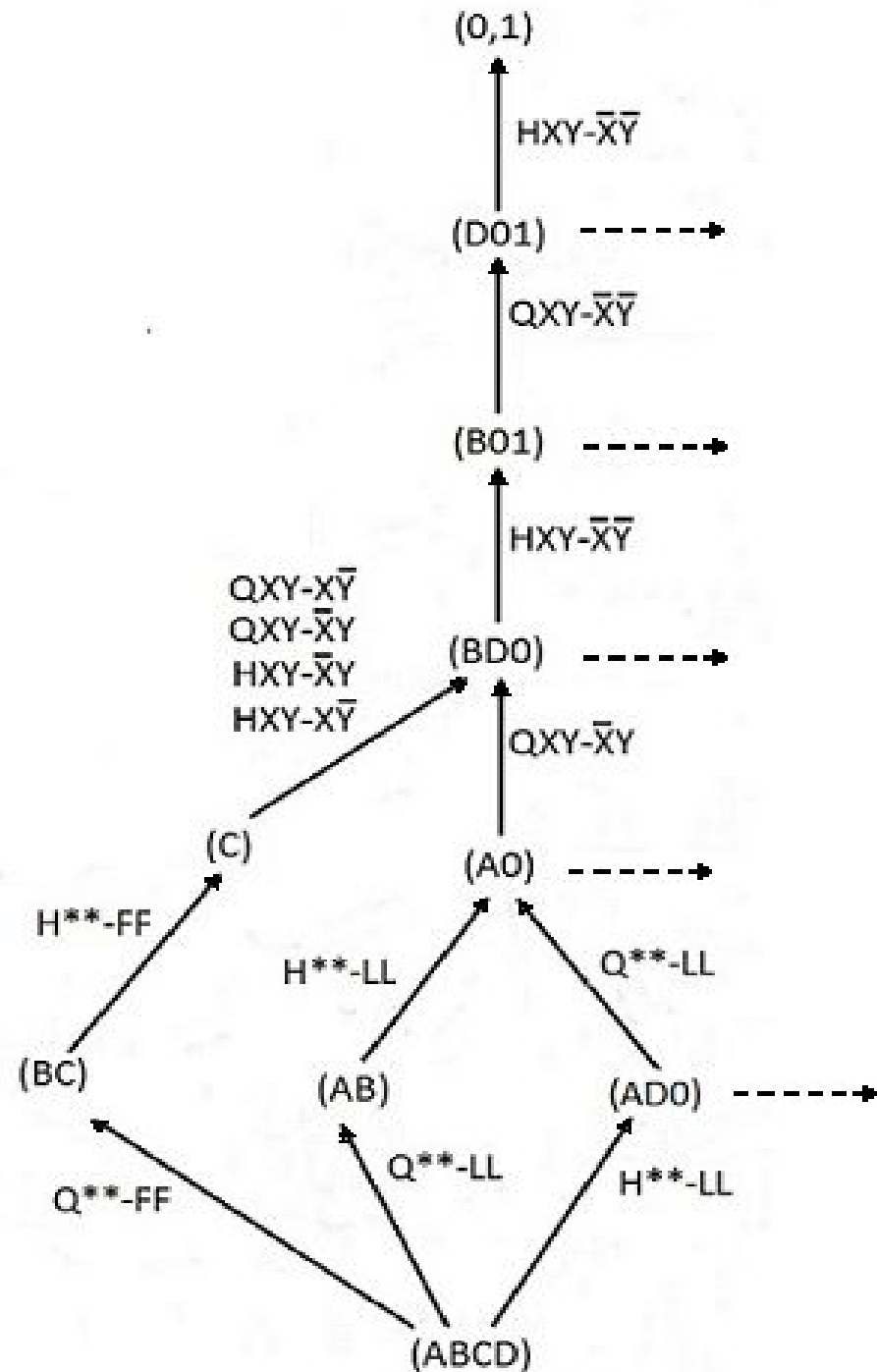
A terv:

- H\*\*, LL
- Q\*\*, LL
- QXY,  $\neg XY$
- HXY,  $\neg X \neg Y$
- QXY,  $\neg X \neg Y$
- HXY,  $\neg X \neg Y$ .

(ABCD)



(01)



# Tanulságok

A probléma nehézsége összefügg azzal, hogy mennyire képes-e valaki a környezetét manipulálni és érzékelni.

A valóság véletlen volta és a valóság véletlenként való ábrázolása nem szükségszerűen összefügg.

Közvetlen információ lehet (erősen) hiányos. Matematikai absztrakció feladata ezt leküzdeni, annak ellenére hasznosíthatóvá tenni.

**Itt az absztrakció a hiedelmi állapotok gráfja, ahol élek a „legális” cselekvések kifejezése. A megoldást gráfkezelő algoritmusokkal „számítjuk ki”.**

Egy ágens lehet „buta”, ha az érzékelései szegényesek és a környezet manipulálása nem sikeres. De lehet „ügyes” is.

Egy ágensnek az a képessége, ahogy a kitűzött célját eléri ...  
**- intelligencia (szűkebb felfogásban, racionalitás).**

Ez nyilván nem az összes aspektus, de kellően széles és gazdag a gyakorlatilag fontos kérdések kivizsgálásához.



# Tanulságok

## Ágens feladata érzékelésből „kiszámítani” a „jó” cselekvést.

„Kiszámítani” függ az ágens felépítésétől.

érezékeléseket lehetőleg legjobban kell hasznosítani.

érezékelések függenek az érzékelőktől (jobb szenzorok?).

cselekvéseket lehetőleg legjobban kell hasznosítani.

cselekvések függenek a beavatkozó szervektől

(jobb manipulátorok?).

a beépített tudást lehetőleg legjobban kell hasznosítani

(jobb tervező?).

A „jó” cselekvés „kiszámítása” nem mindig megy, mert ágensnek nincs ideje, memóriája, ... azért általában „közel jó” eredménnyel is megelégszik.

Ha a „jó” cselekvés kiszámítása az adottságokba még beleférne, nem biztos, hogy marad ideje, energiája, stb. a megoldás alkalmazására is.

„Rosszabb” cselekvés gyorsabban számítható, esélyesebb alkalmazni!?

Valójában csak **korlátosan intelligens, korlátosan racionális.**



A feladat = korláatosan racionális ágensek tervezése és tanulmányozása

$$\text{Ágens} = \text{„Architektúra”} + \text{„Program”}$$

# A tudomány mai állása szerint megépíthető-e?

## **Megértés**

Jól értjük meg a probléma (nehézségek és célok) lényegét?

## **Architektúra**

Megvan-e elegendően gazdag és ügyes szenzor és beavatkozó készlet?

## **Absztrakció**

Matematikailag uraljuk-e a tudás helyes absztrakcióját?

## **Program**

Implementálhatók-e a szükséges algoritmusok?

## **Termék**

Történtek-e már kísérletek? Felépült-e már prototípus?

## **Elfogadás**

A termék társadalmilag „közömbös”-e, vagy sem?