

Koordinálás és feladatkiosztás aukciókkal /1

Tipikus koordinációs feladatok

Szerepek on-line elosztott kiosztása

Védő/támadó szerepek hozzárendelése robot fociban

Feladatok hozzárendelése mentő/ tűzoltó/ rendőrségi ágensekhez

... misszió-kritikus/ SAR/ katasztrófa ... (RoboCup Rescue)

Különböző megfigyelési célok hozzárendelése külön szenzorokhoz
wireless szenzor hálózatokban

Megfigyelő és manipuláló szerepek kiosztása manipulálási feladatkörben

On-line elosztott ütemezés és vezérlés

Feladatok ill. folyamatok hozzárendelése min. látencia idő, max. átbocsátó
képesség, stb. érdekében

On-line elosztott navigálás

Lokációk hozzárendelése ágensekhez:

baleseti színhelyek mentőkhöz, kivizsgálandó esetek rendőrfőőröknek,
aknák a víz alatti autonóm járművekhez, SAR lokációk a legagilisabb
mentőkhöz, kliensek taxikhoz, megvizsgálandó sziklák Mars

bolygójárókhoz, megfigyelő lokációk térképező ágensekhez ...

Tipikus koordinációs feladat: többágenses pályaterv

Ágens == Robot

Feladat, taszk == Célpont

Egy robot-team egészének, ismert, vagy ismeretlen környezetben elosztottan elhelyezkedő megadott célpontokat kell meglátogatnia.

Egy ágens-team egészének, ismert, vagy ismeretlen környezetben több elkülönült problémával kell foglalkoznia.

Minden célpontot valamelyik robotnak kell meglátogatnia.

Minden feladathoz egy ágenszt kell megtalálni, aki elvégzi.

Tételezzük fel, hogy

Ágensek közel azonosak. (mi lenne, ha mégsem?)

Ágensek ismerik a saját pozíciójukat. (mi lenne, ha mégsem?)

Ágensek ismerik a célpontok pozícióját. (mi lenne, ha mégsem?)

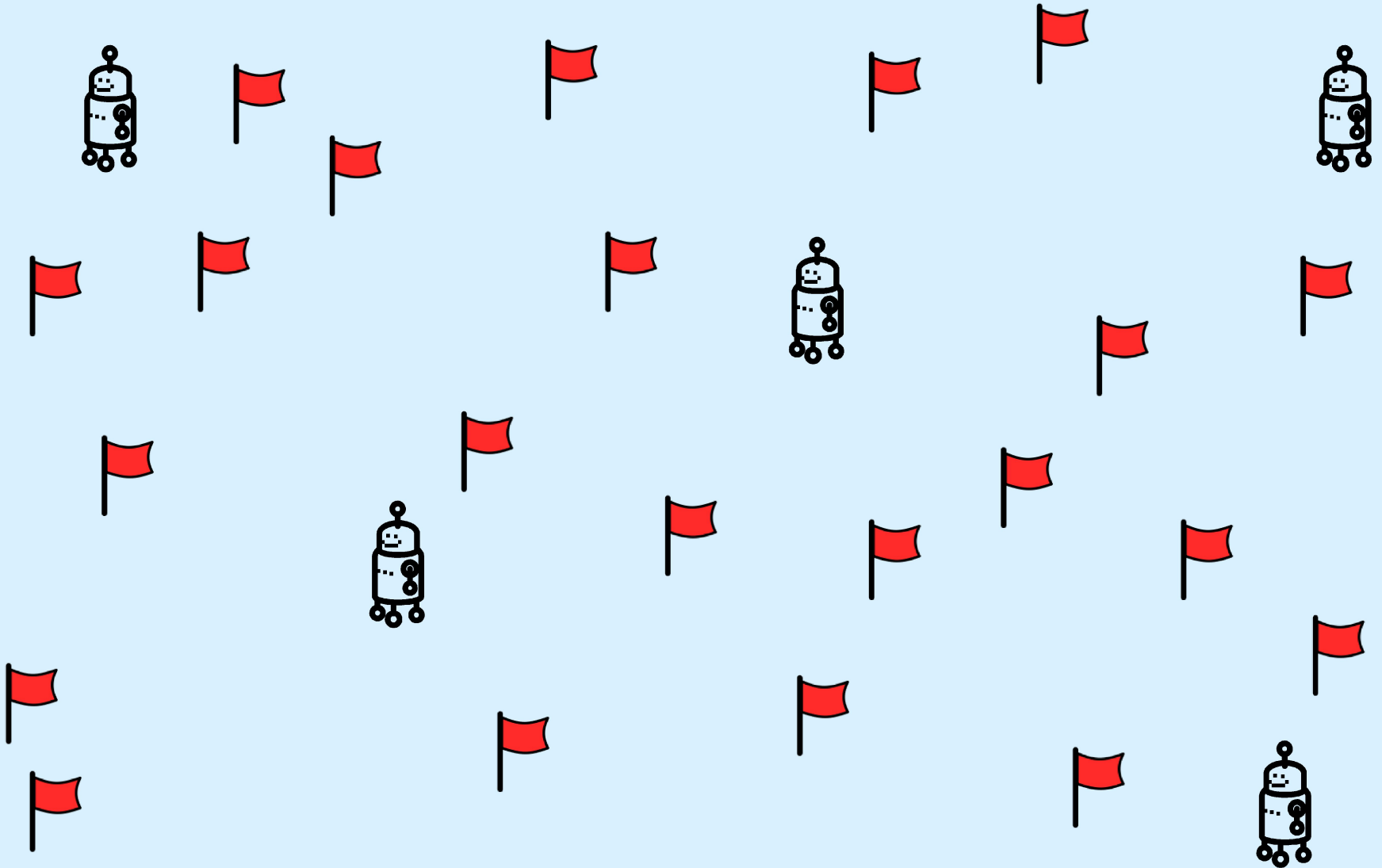
Ágensek nem szükségképpen ismerik az akadályokat.

Ágensek képesek a közeli akadályokat megfigyelni. (mi lenne, ha ... ?)

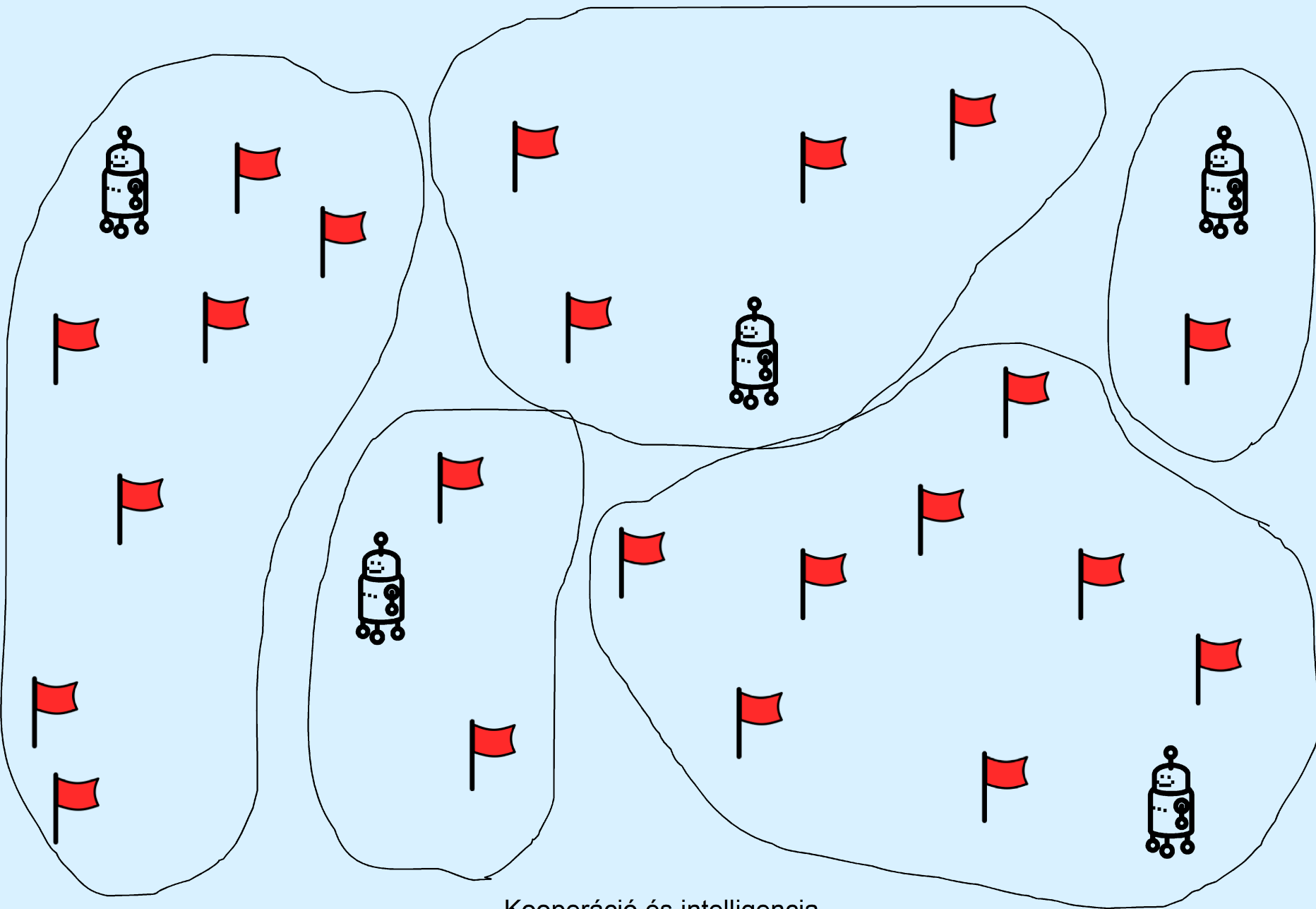
Navigálás hibamentes.

Pályaköltségek: háromszög-egyenlőtlenség. (mi lenne, ha ... ?)

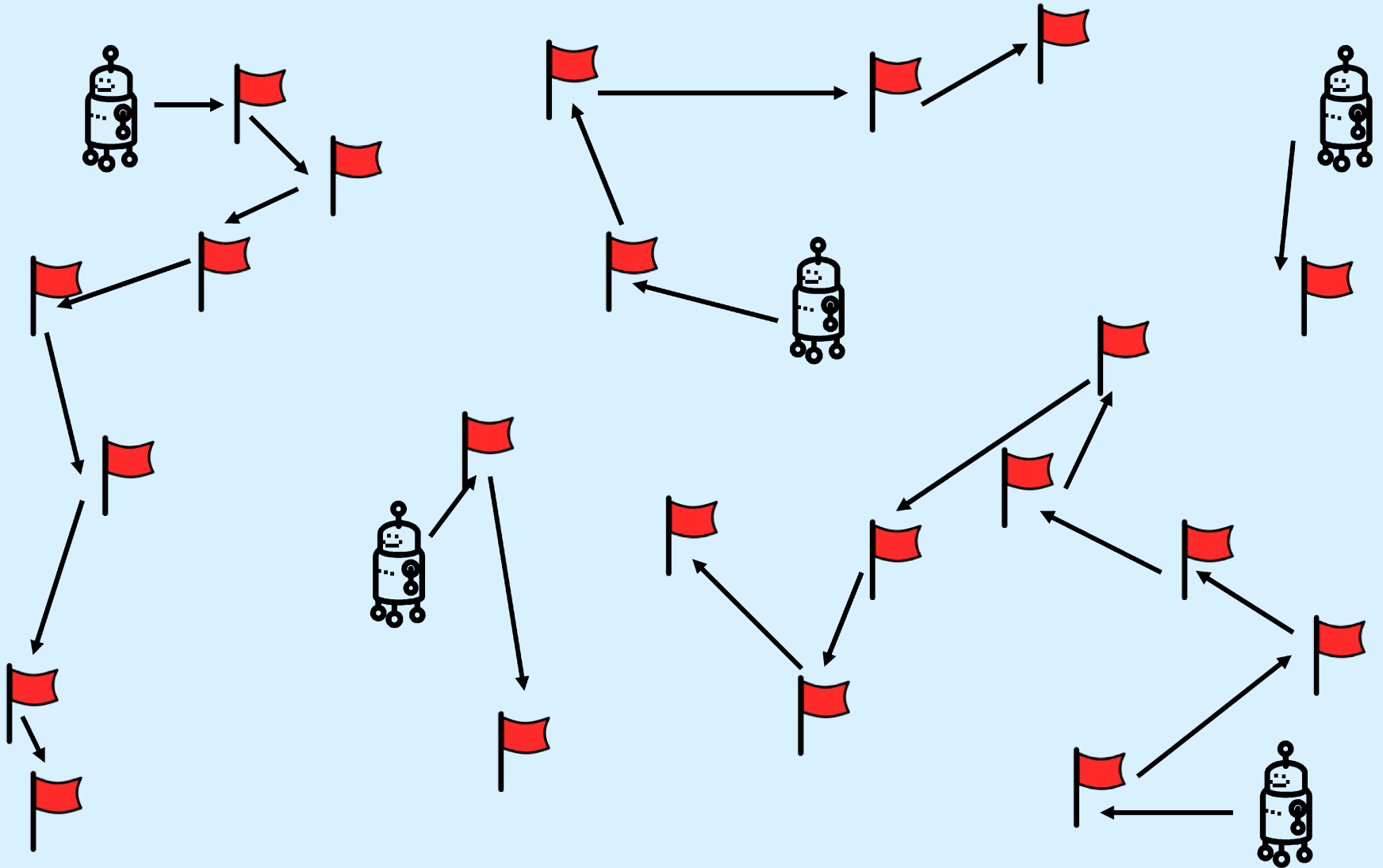
Ágensek képesek egymással kommunikálni. (mi lenne, ha ... ?)



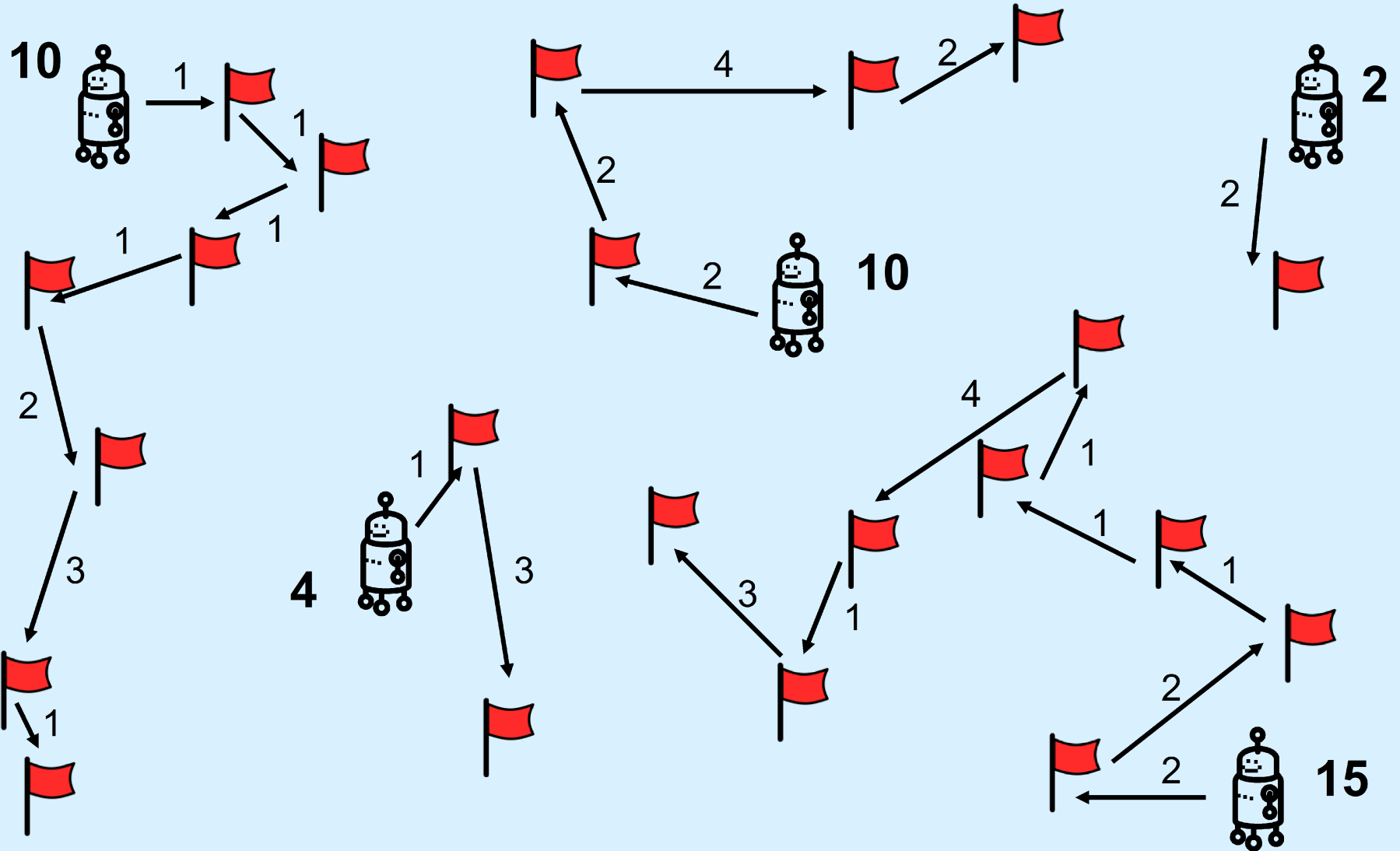
Kooperáció és intelligencia,
Dobrowiecki-Mészáros, BME-MIT



Kooperáció és intelligencia,
Dobrowiecki-Mészáros, BME-MIT



Kooperáció és intelligencia,
Dobrowiecki-Mészáros, BME-MIT



Teendők

„Felosztani a világot” és elégedettnek lenni.

Két szinten:

- menedzsment szintje (ágens team egésze)
- egyedi csapattag szintje

Ehhez kell - egy kölcsönösen elfogadott protokoll.

Kölcsönösen elfogadott lesz, ha

- mindenkinek szabad hangoztatni a véleményét,
- a „helyes” érvényesülni tudjon,
- önköltségek ne legyenek senkinek sem kirívóan magasak,
- **ha menet közben kiderül, hogy mégsem sikerült, könnyű legyen a helyzeten javítani**
**(váratlan akadályok: nem hozzáférhető környezet
kieső ágensek (hibatűrő))**

... ..

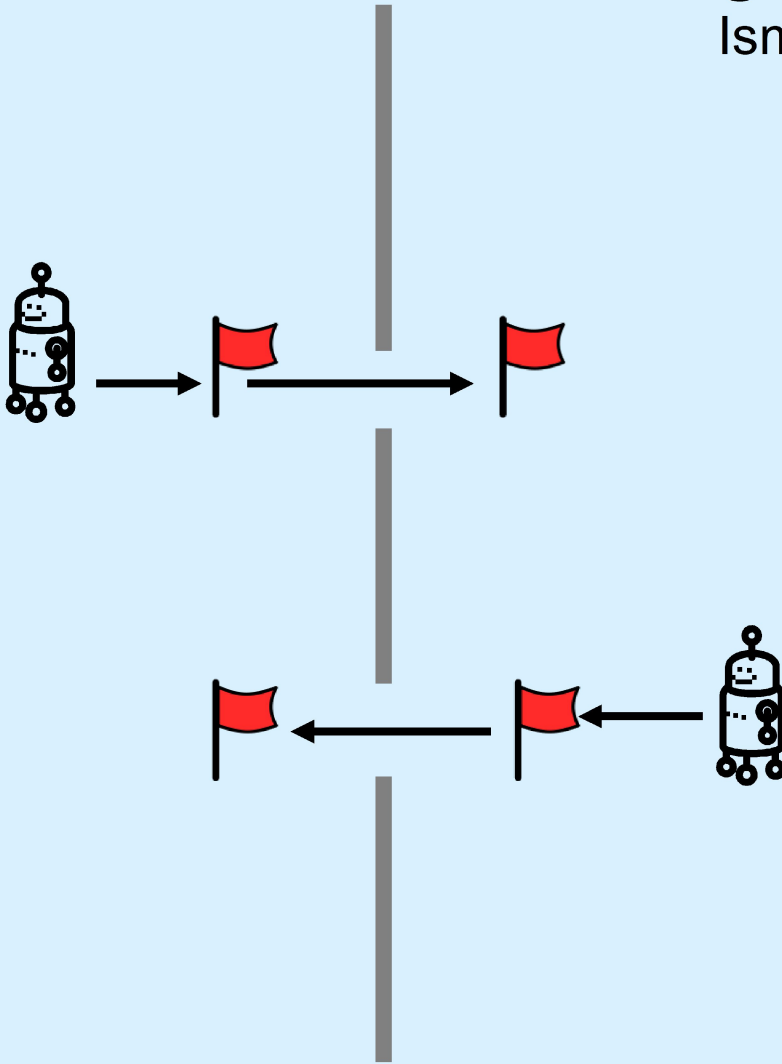
Többágenses pályatervezés

Ismert terep (hozzáférhető környezet)



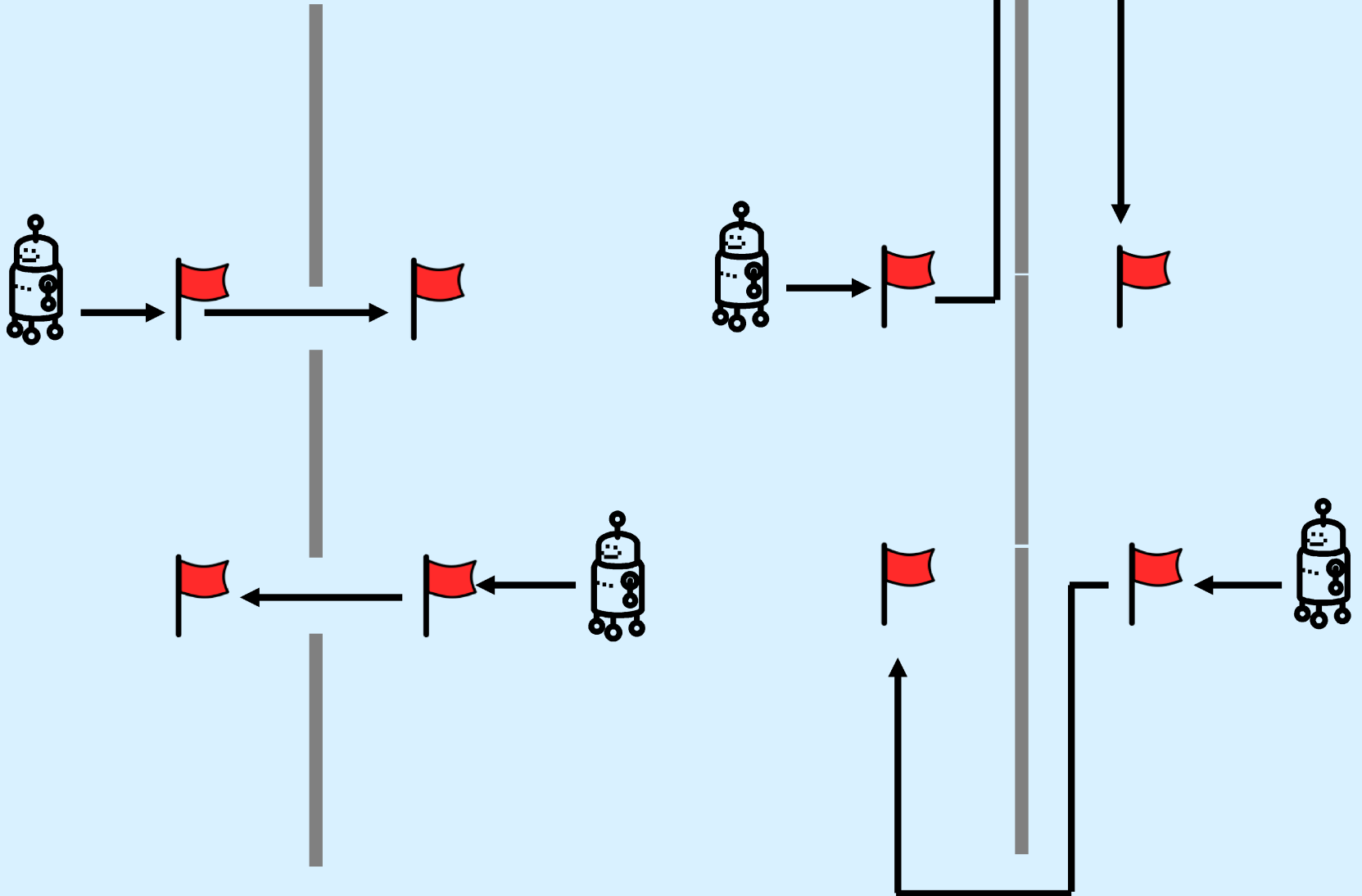
Többágenses pályatervezés

Ismert terep (hozzáférhető környezet)



Többágenses pályatervezés

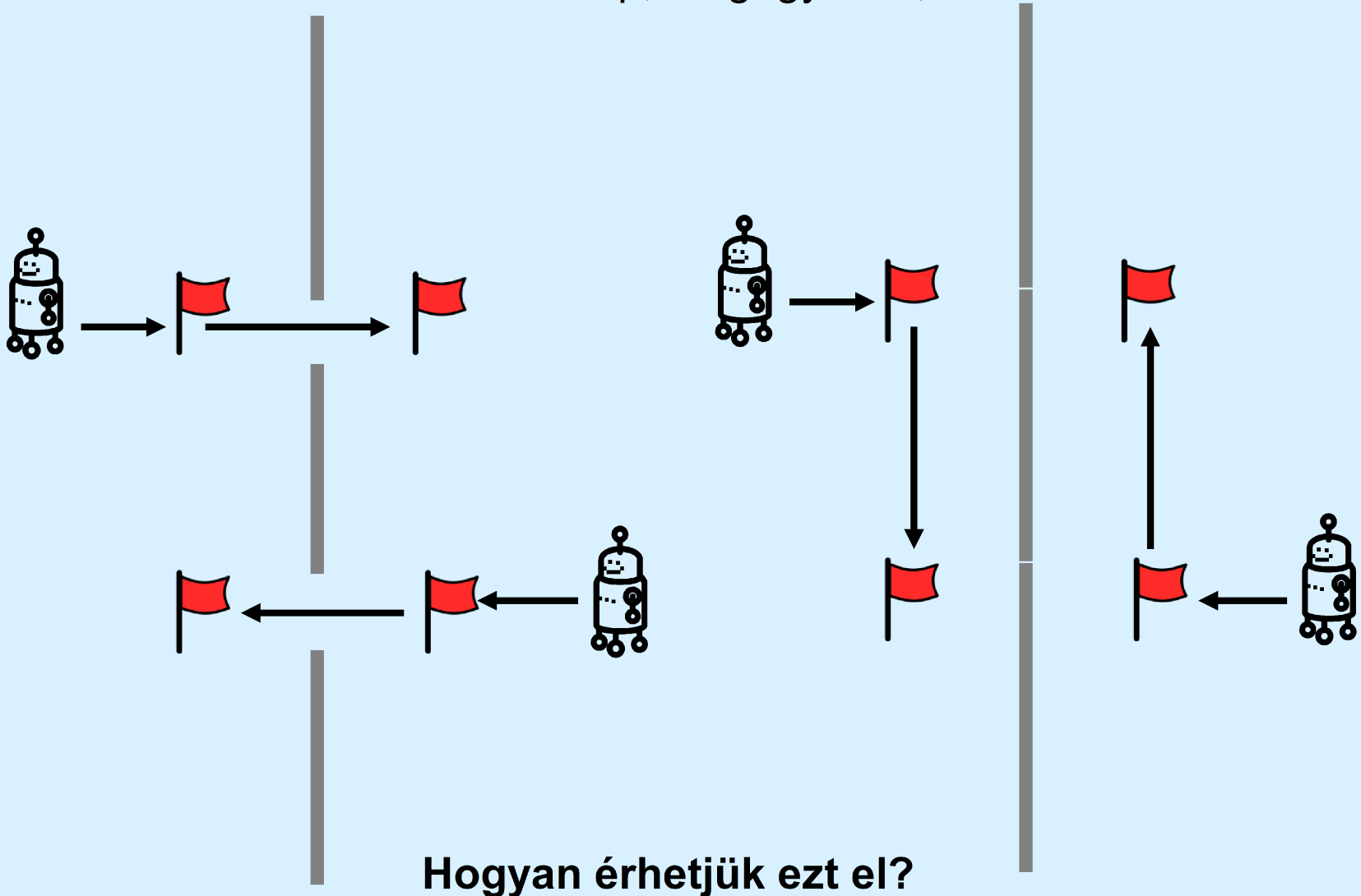
Ismeretlen terep (nem hozzáférhető)



Kooperáció és intelligencia,
Dobrowiecki-Mészáros, BME-MIT

Többágenses pályatervezés

Ismeretlen terep, megegyezés, átütemezés



Hogyan érhetjük ezt el?

Miért éppen aukció?

- ismeretlen értékű objektumok értékesítése
- automatizálható
tárgyalás komplexitását csökkenti
kedvező a számítógépes implementáció
- „tisztes” megoldás benyomását kelti

Koordinálás aukcióval:

Ágens koordinálás Aukció

agens	licitáló
feladat	licit objektuma
költség	pénz

Előnyök

- **rövid** az aukciók átfutása,
- aukció **kommunikáció-hatékony**: információkat a licitekbe tömörítjük,
- aukció **számítás-hatékony**: liciteket parallel módon lehet generálni,
- aukciók **alacsony költségű** team-eket eredményeznek. (hm, hm, ...),
- aukciókat lehet használni akkor is, ha a terep (környezet), vagy a róla alkotott ágenstudás **változó**.

Aukció protokollok tervezése

AUKCIÓ FORMATUMA

nyílt v. zárt (borítékolt)
emelkedő v. csökkenő
szimultán v. szekvenciális
egyfordulós v. több fordulós

LICITSZABÁLYOK

ár megállapítási szabályok
licit komponensei
köteg, kombinatorikus aukció szabályok

LEBONYOLÍTÁS

győztes és hozzárendelés megállapítása
ki fizet és mennyit?
időzítés

RÉSZVÉTELI SZABÁLYOK részvételi követelmények
díjak

INFORMÁCIÓ tételek/szolgáltatások
licitek
részrtvevők
üzlettörténet

Aukció

Hagyományos 1 : N
Inverz N : 1
Vegyes N : M

Licit stratégiák

Melyik aukcióban részt venni?
Részvételköltség, aukció
időtartama, licitálók száma.
Mikor licitálni?
Mennyit licitálni?
(ár és/vagy mennyiség)
Kölcsönhatások és
skálázás eredménye.

Emberi aukciók fontos mozzanatai

“Hatékony” hozzárendelés: az árút az viszi el, aki a legtöbbre értékeli.

Ösztönzés őszinte licitre.

Árverésvezető jövedelmének maximalizálása.

Kerülni kell:

összejátszás (manipulálás): Licitálók, eladók, és/vagy árverésvezető összejátszása.

- bújócska stratégia, elnyomó licit, ugró licit, licittakarás, győztes átka, ...

Ha az aukcióban gépi ágensek vesznek részt

Ágensek nem akarják kijátszani a rendszert. Programozottan licitálnak.

Ágensek szándékosan nem „hallgatnak el” információt,
nincsenek titoktartási problémái.

Ágenseknek nincsen belső, saját hasznosságuk (preferenciái).

A hasznosságukat a team menedzsment definiálja:

az aukció a közös team-célt szolgálja.

Ágenseknek mintegy, ha az eredmény nem „igazságos”.

Aukciómechanizmusok típusai

Hagyományos aukció:

Egy eladó (menedzser), több vevő (feladatvégző).

Eladó maximális jövedelmet szeretne elérni a licitálóktól
(pl. minimális végzési költségen kiadni a feladatokat).

Árverésvezető (eladó) rezervációs ára.

- sikeres árverés
- **sikertelen árverés**
 - **feladat nincs megoldva**
 - **a feladatot a menedzsernek kell felvállalnia**

Ágenskoordináció megszokott aukció típusai

Egyedi árú árverés

Csoportos árverés

Kombinatorikus árverés

Egyedi árverés

Árverésvezető **egyetlenegy** árút kínál

Angol (emelkedő, be/ki, leütés)

Japán (emelkedő, végleges kilépés)

Holland (csökkenő, végleges kilépés)

...

Elsőlicités versenytárgyalás

Minden licitáló a feladat költségét jelentő adatot nyújt be licitként. A legalacsonyabban licitáló nyer, megkapja a feladatot, és beleegyezik, hogy a licitált költségen megvalósítja.

Másodlicités (Vickrey) versenytárgyalás

Protokoll u.a., csak a győztes beleegyezik, hogy a **feladatot a második legkisebb licit költségén** valósítja meg.

Melyik mechanizmus?

Mintegy, amíg az ágensek **hitelesen** licitálnak.

Ösztönzés kompatibilis – ösztönzés igazságos licitre

Első-licites borítékolt aukció

Legyen a licitáló rezervációs ára v = a hasznosság megítélése,
ha p áron nyer, a nyeresége = $v - p$

Nem érdemes, nincs ösztönözve, hogy valódi értékén licitáljon
(akkor $v - v = 0$). Érdemes az árat lenyomni.

Másodlicites borítékolt aukció

Tegyük fel, hogy minden más licitet ismerjük,
azok közül a legmagasabb b^* .

Döntés:

(a) többet licitálni, akkor a hasznosság: $v - b^*$,

(b) vagy kevesebbet: 0 hasznossággal.

Akkor érdemes licitálni, ha $v > b^*$, de ehhez elég őszintén
licitálni, akár más licitek tudta nélkül.

Domináns stratégia - Ösztönzés kompatibilis

Csoportos aukciók

Protokoll: Az árverező a feladatok egész halmazát ajánlja.

Minden licitálónak szabad a feladatok egy részére (részhalmazára), vagy az összesre licitálnia.

Az árverező a licitálókhoz egy, vagy több feladatot rendel hozzá, de minden licitálóhoz **legfeljebb egy** feladatot.

Protokoll előírhat meghatározott számú feladat-hozzárendelést, pl.:

(1) m db. feladat hozzárendelése, $1 \leq m \leq \# \text{licitáló}$.

(2) Minden licitáló kapjon egy feladatot ($m = \# \text{licitáló}$).

(3) Egyetlenegy nyerő feladat van ($m = 1$).

(2) esetén a hozzárendelés lehet optimális is.

Megszokott a mohó algoritmus: a legjobb licit díjazása megfelelő feladattal, a feladat és a licitáló eliminálása, amíg nem futunk ki feladatokból, vagy a licitálókból.

Kombinatorikus aukció

Az árverező egy T feladathalmazt ajánl.

Minden licitáló a **feladatok tetszőleges kötegeire (T részhalmazaira)** licitál, az árverező több licitálónak a kötegek kombinációját (T halmaz dekompozícióját) ítéli meg (de licitálóként legfeljebb egy köteget).

A hozzárendelésnek az árverező jövedelmét kell maximálnia.

Kötegek száma exponenciális $2^{|T|}$.

Győztes kiszámítása NP-nehéz.

De gyors optimális kiszámítása létezik, ami figyelembe vesszük a licithalmaz ritkasságát.

- Redukált kötegszám.
 - Árverező csak bizonyos kötegeket enged meg.
 - Licitáló: kötegek klaszterek, limitált nagyságú klaszterek

Kombinatorikus aukció – nagyító alatt

licitálás - a licitáló képes a dolgok halmazaira licitálni

- azok száma exponenciális
- a licit tömör, informatív, implicit módon kódolt (kell!)

hozzárendelés

- licitek beérkezése után, a dolgok kiosztása a győzteseknek, valamilyen optimum szerint árverező jövedelme, globális hatékonyság, ...
- általában kezelhetetlen, NP-nehéz

fizetés

- mennyit fizessen a győztes, egyes esetekben nem amennyit ajánlott (mert nem pontosan azt a köteget kapja meg, ...)
- fizetési szabályok befolyásolják az árverező jövedelmét és a licitálási szabályokat

stratégia

- aukció protokoll, hozzárendelési és fizetési szabályok rögzítése után a licitálók kialakíthatják személyes licitálási stratégiákat

Hozzárendelés

licitek = $B_i = (S_i, p_i)$

győztes licitek részhalmaza:

egymást kizárók, $\sum p_i \max$

x_i – a győztes licitek

címkéző bitje

minden tétel csakis egyszer kiosztva

Integer Programming Formalization

Maximize:

$$\sum_{i=1}^n x_i p_i$$

Subject to:

$$\sum_{i|j \in S_i} x_i \leq 1, \text{ for each } j = 1 \dots m.$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \text{ for each } i = 1 \dots n.$$

Linear Programming Relaxation

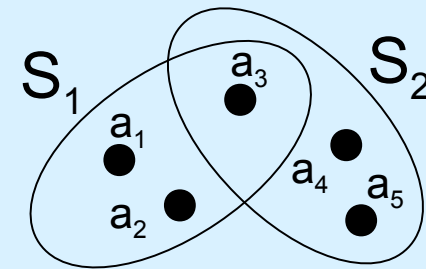
Maximize:

$$\sum_{i=1}^n x_i p_i$$

Subject to:

$$\sum_{i|j \in S_i} x_i \leq 1, \text{ for each } j = 1 \dots m.$$

$$x_i \geq 0 \text{ for each } i = 1 \dots n.$$



x_i – a győztes tört licit,
a győztes S_i egy részét
kapja, $x_i p_i$ -t fizet

Valóban létezik „tört” aukció (nyersanyag, elektromos energia,
sávszélesség, ...)

Hozzárendelés

könnyen formalizálható **integer** programozásként = kezelhetetlen
relaxálás: **lineáris** programozási probléma = hatékony megoldása van

de nem biztos, hogy optimális

(1) LP optimális hozzárendelést ad, ha az egyedi áruknak is van definiált ára és ez kihat a kötegek árára (kötegek lebonthatók).

(2) Licitnyelv erősen korlátozott:

hierarchikus licitek (licitekben a kötegek hierarchikus halmazstruktúrát képeznek, kizárók, vagy valódi részhalmazok),
egyedi tétel licitek, OR-of-XOR-of-singleton licitek,

...

Más esetben - mohó heurisztikák (polinomiális idő),
optimális hozzárendelés nem garantált.
- branch-and-bound heurisztika, optimális megoldás garantált, de polinomiális idő nem mindig garantált.

Alapvető probléma a licit kézben tartása

Minden szabad? Akármilyen köteggkombinációra, akármilyen értékítélettel?

Ennek protokolláris kifejezése (licit megtétele) kérdéses, és kérdéses ennek algoritmizálható figyelembevétele. Ha sikerülne is az aukció, sem a licitáló, sem az árverező számára nem lenne előnyösen egyszerű.

Kompromisszum kell, de miben?

„Szabványosított” értékítéletekhez „szabványosított” licitnyelvek.
Garancia, hogy ha a licitáló értékítélete bizonyos matematikai tulajdonságú, akkor a felkínált licitnyelven tömören, hatékonyan kifejezheti magát.

Licit szabályok = licit nyelv

(licitek szintaxisa és szemantikája)

Kompromisszum

kifejező erő

- minden kívánt licitet kifejezni
- fontos liciteket egyszerűbben kifejezni
 - technikai értelemben (pl. rövid)
 - humán értelemben (könnyű megérteni)

egyszerűség

- licitek kezelése egyszerű
 - technikai (számítási modell)
 - humán (könnyű kezelni)

Licitáló modell (rezervációs árak - értékítélet: minden $v(S)$ megítélése)
nincsenek externáliák rezervációs ára csak az elnyert dolgokon (S) múlik
szabad rendelkezés (free disposal) $v(S) \leq v(T)$, ha $S \subseteq T$
normalizálás $v(\emptyset) = 0$

Két diszjunkt dologhalmaz: **komplemens** $v(S \cup T) > v(S) + v(T)$
kiegészítő $v(S \cup T) < v(S) + v(T)$

Szimmetrikus rezervációs árak (minden tétel u.u. érdekes)

additív: $v(S) = |S|$

egyedi tétel: $v(S) = 1, S \neq \emptyset$

k-budzsé: $v(S) = \min(K, |S|)$

többségi: $v(S) = 1$, ha S min. $m/2$ tételt tartalmaz, más $v(S) = 0$

ált. szimmetrikus: $p_1, \dots, p_n$ a tételek ára, $v(S) = \sum_{j=1, \dots, |S|} p_j$

csökkenő (downward sloping) szimmetrikus:

ha $p_1 \geq p_2 \geq p_3 \geq \dots \geq p_m$ marginális érték csökken, minden további
dolog kevésbé értékes

Aszimmetrikus

monokromatikus: egyfajta tételből több

$S = k$ db. kék, l db. piros: $v(S) = \max(k, l)$

egy-a-fajtából: $S =$ párok és szingletonok,

tételpárokból egy-egy + szingletonok

Licitnyelvek

atomi licitek: $(S, p) \quad v(T) = p$, minden $T \supseteq S$, $v(T) = 0$ más T -re
(implicit AND az S elemeire, additivitás sem megy)

OR licitek: $\{(S_1, p_1), (S_2, p_2), \dots\}$ implicit OR diszjunkt kötegekre
azaz akármilyen részhalmazban érdekelt (csak kiegészítő
tulajdonságú kötegek nélkül): $v(S) = \sum_{i \in W} p_i$,
 $i \neq j \in W, S_i \cap S_j = \emptyset$

XOR licitek: $\{(S_1, p_1), (S_2, p_2), \dots\}$ implicit XOR, azaz akármilyen,
de egy részhalmazban érdekelt: $v(S) = \max_{i \mid S_i \subseteq S} p_i$
(minden rezervációs sémához jó)
(de: m tételből álló additív séma:
 m nagyságú OR licit, de 2^m nagyságú XOR licit)

OR-of-XOR licitek: XOR licitek tetszőleges száma

XOR-of-OR licitek: OR licitek tetszőleges száma, de egy kell
(monokromatikus séma: (OR kék-ek) XOR (OR piros-ak)
(k -budzsé séma)

OR/XOR kifejezések: OR, XOR tetszőleges kombinációja

Példa

OR: $(\{a,b\},7) \text{ OR } (\{d,e\},8) \text{ OR } (\{a,c\},4)$

Licitáló jelzése, hogy számára:

$$\{a\} = 0, \{a,b\} = 7, \{a,c\} = 4, \{a,b,c\} = 7, \{a,b,d,e\} = 15$$

XOR: $(\{a,b\},7) \text{ XOR } (\{d,e\},8) \text{ XOR } (\{a,c\},4)$

$$\{a\} = 0, \{a,b\} = 7, \{a,c\} = 4, \{a,b,c\} = 7, \{a,b,d,e\} = 8$$

OR-of-XOR: $(\{\text{rekamé}\},7) \text{ XOR } (\{\text{szék}\},5)$

OR

$$(\{\text{TV}\},8) \text{ XOR } (\{\text{könyv}\},3)$$

$$(\{a\},9) \text{ XOR } (\{b\},9) \text{ XOR } (\{c\},9) \quad (\text{csökkenő})$$

OR

$$(\{a\},7) \text{ XOR } (\{b\},7) \text{ XOR } (\{c\},7)$$

OR

$$(\{a\},5) \text{ XOR } (\{b\},5) \text{ XOR } (\{c\},5)$$

XOR-of-OR: $(\{a\},1) \text{ OR } (\{c\},1) \text{ OR } (\{e\},1) \quad (\text{monokrom.})$

XOR

$((a,c,e)(b,d,f))$

$$(\{b\},1) \text{ OR } (\{d\},1) \text{ OR } (\{f\},1)$$

Licitnyelv kiszámítása:

egy b licitnyelv **polinomiálisan interpretálható**, ha létezik polinomiális idejű algoritmus $\text{licit}(S)$ érték kiszámításához, tetszőleges S köteg esetén.

OR* licitek: tetszőleges számú $\{(S_k, p_k)\}$ pár, implicit diszjunkt OR
 $S_k \subseteq G \cup G_i$ G az eladandó tételek
 G_i az i -ik licitáló „fantom” tételei
 (kényszerek kifejezése)

Pl. $(S1, p1) \text{ XOR } (S2, p2) = (S1 \cup \{g\}, p1) \text{ OR } (S2 \cup \{g\}, p2)$

Akármilyen rezervációs ár, ami s nagyságú OR-of-XOR licitekkel kifejezhető, kifejezhető s nagyságú OR* licitekkel, legfeljebb s fantom tételt használva.

Akármilyen rezervációs ár, ami s nagyságú XOR-of-OR (OR/XOR) licitekkel kifejezhető, kifejezhető s nagyságú OR* licitekkel, legfeljebb s^2 fantom tételt használva.

(de többségi rezervációs ár itt is nehezebben megy)

Ösztönzés kompatibilis – ösztönöz igazságos licitre

Kombinatorikus aukció – lehet ösztönzés kompatibilis?

Általánosított Vickrey aukció GVA

(**Clarke** mechanizmus, **VCG** mechanizmus (Vickrey, Clarke, Groves))

- Legyen a győztes hozzárendelés probléma megoldása:

$S_1, \dots, S_n$ kötegek kiosztása, össz $V = \sum_{i=1, \dots, n} v_i(S_i)$ értékkel

- Az i -edik licitáló mennyit fizessen? Mennyi a tényleges haszna?

A licitálók halmazából vegyük ki az i -t és oldjuk meg a győztes problémát újra, legyen ez V_{-i} .

Az i -edik licitálónak: $V_{-i} - (V - v_i(S_i))$ összeget kell fizetnie.

(egyetlen egy árú esete: V_{-i} a második legjobb, $V - v_i(S_i)$ pedig 0)

((egyetlen) **Ösztönzés kompatibilis egy licitálóra nézve**)

(De nem az összejátszó több licitálóra nézve,

több licitálónak magát kiadó licitáló – **false-name** probléma)

GVA Példa

1. Árverező $\{A,B,C\}$ halmazt ajánl. Az ágensek licitje:

	Ág1	Ág2	Ág3
$\{A\}$	3	1	1
$\{B\}$	3	4	2
$\{C\}$	4	3	5
$\{A,B\}$	6	5	5
$\{B,C\}$	8	7	9
$\{A,C\}$	5	7	6
$\{A,B,C\}$	11	10	10

Ki mit kap és mennyit fizet?

2. Árverező $\{t1, t2\}$ halmazt ajánl.

Az ágensek licitje, XOR jelleggel: $(v(t1), v(t2), v(t1,t2))$

Ág1 = (20, 5, 25)

Ág2 = (10, 15, 30)

Ki mit kap és mennyit fizet?

3. Árverező $\{a,b,c\}$ halmazt ajánl. Az ágensek licitje:

Ág1 = (a,1), Ág2 = (b,1), Ág3 = ((a,b),5), Ág4 = (c,2), Ág5 = ((a,c), 5)

Ki mit kap és mennyit fizet?