Együttműködés versengés közepette – koordinálás + feladatmegosztás tárgyalással (1)

Mechanizmus-tervezés: szociális jóléti függvény nem kooperatív (versengő) ágensek

Szavazás (**Voting**)

Árverés (**Auction**)

Tárgyalás (Negotiation)
(Érvelés (Arguing))

Tárgyalás az érdekkonfliktusok feloldási folyamata azok megvítatása és alkudozás révén.

A tárgyalási protokoll milyen legyen?

Legyen

- befagyásmentes
- terminálódjon
- biztos sikerre vezessen (de mi itt a siker?)
- szociális jólétet maximalizáljon (vagy netán valami mást?)
- Pareto-hatékony
  (nincs olyan más megegyezés, ami legalább egy ágens hasznát
  növelné úgy, hogy más ágensek hasznát nem csökkenti)
- individuális racionális
  (a protokoll követése legyen ágensek önérdeke (benne lenni jobb))
- stabil
  (a protokoll meghatározott viselkedésre készteti az ágenseket)
- egyszerű
  (optimális stratégia komplexitása legyen alacsony, kiszámítható)
- elosztott
  (egy egyedi ágens bukása a protokollt ne buktathassa
  (single point of failure))

…

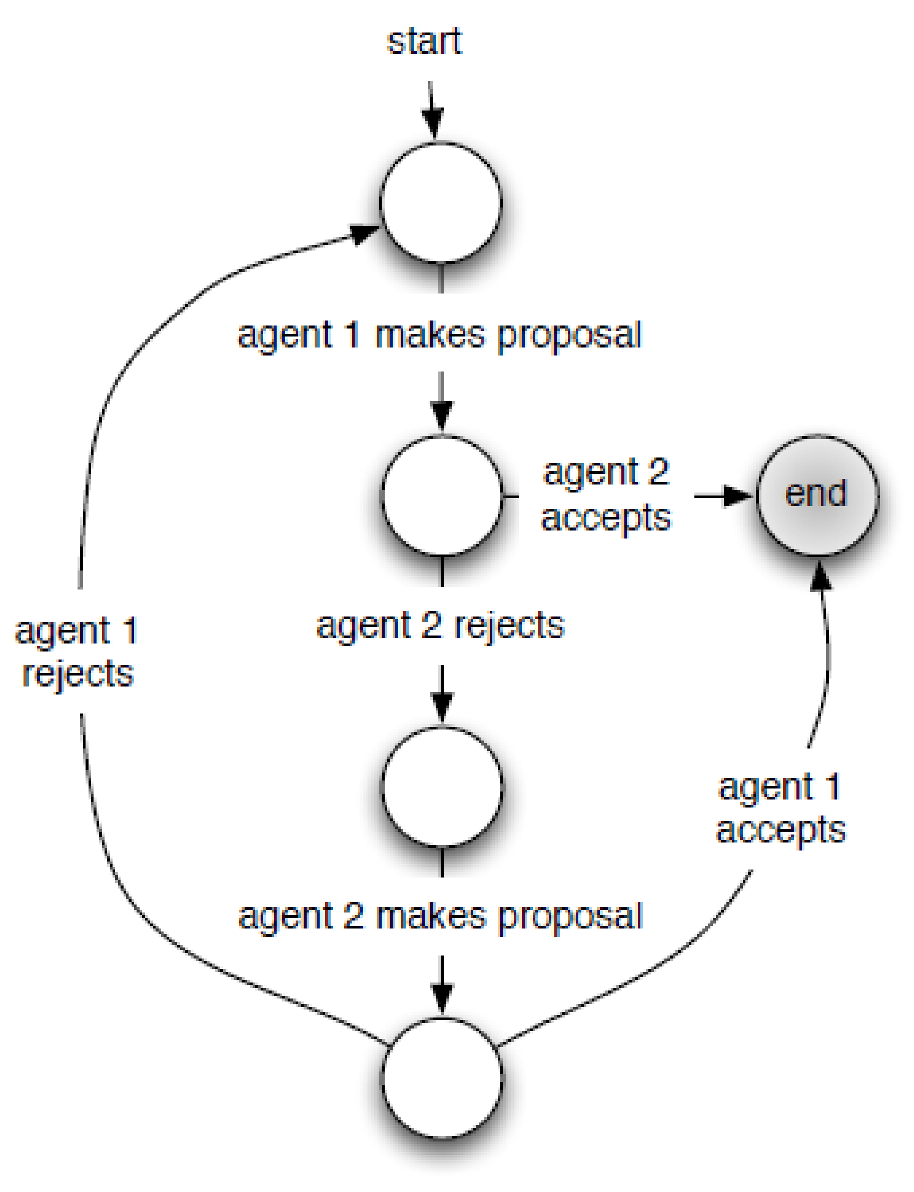
Tárgyalás komponensei

- Javaslat (alku) halmaz Δ: az ágensek által megtehető javaslatok
- Protokoll: megadja, hogy az adott helyzetben mik a legális javaslatok
- Ágensek stratégiái
- Megegyezés elérésének szabályai (tárgyalás terminálási szabályai)

Tárgyalás fajtái

- Egytételű
- Többtételű (javaslatok mennyisége akár exponenciális,
  javaslatok összevetése (exp) nehéz)
- 1-1 tárgyalás (tip. többágenses rendszerekben)
- N-1
- N-M

Megoldás: axiomatikus (formális definíció)
stratégiai (itetratív stratégia)



Egyszerű 1-1 protokoll (váltakozó javaslatok Rubinstein protokollja)

– a tárgyalás fordulókban történik,

– az 1. ágens indít a 0. fordulóban x0 javaslattal,

– a 2. ágens ezt vagy elfogadja, vagy elutasítja,

– ha elfogadja, a megegyezés létrejött és az x0 javaslatot életbe lépteti.

– máskülönben új forduló következik, ahol most a 2. ágens tesz javaslatot.

Egyszerű 1-1 protokoll és Ultimátum játék (váltakozó javaslatok Rubinstein protokollja)

– lesz-e megegyezés?
    (ha folyamatos az elutasítás)
- ha nincs megegyezés – konfliktus helyzet

Alapvető feltételezések
- a megegyezés hiánya a legrosszabb lehetséges kimenetel, akármilyen megegyezés jobb, mint semmilyen,
- az ágensek a hasznosságuk maximalizálására törekednek.

Osszunk fel egy tortát! Azaz van egy erőforrás, ami két (x, 1-x) részre felosztható (és azok 1-re összegződnek)

Tárgyalási javaslat: (x, 1-x)
A lehetséges javaslatok halmaza: $\{(x, 1-x):\ 0 \le x \le 1\}$

Mit javasolnánk az 1. ágens helyében?

Tegyük fel, hogy csak **egy** forduló lehetséges – **Ultimátum játék**

Az 1. ágens teljhatalmú.

Ha az 1. ágens (1,0)-át javasol, a 2. ágens számára ez még mindig jobb, mint elutasítani, konfliktussal.
A javaslat az 1. ágens számára is a legjobb: Nash-egyensúly(!) (ld. később)

Tegyük fel, hogy **két** forduló lehetséges

Most a 2. ágens lesz teljhatalmú. Akármit is javasol az 1. ágens, a 2. ágens ezt elutasítja. Majd a 2. ágens (0,1)-et javasol. Ez a javaslat az 1. ágens számára jobb, mint a konfliktus, és nyílván legjobb a 2. ágens számára is: Nash-egyensúly(!)

Ugyanaz a helyzet áll be tetszőleges, de rögzített számú forduló esetében.

Megjegyzés:
- játékelméleti, elvi ultimátum: (1, 0) haszon-racionalítás
- gyakorlati, társadalmi ultimátum kb. (0.5, 0.5) (humán) racionalítás(?)

Konklúzió: ha a gépi ágensek „játszanak”, keményebb, szívtelenebb a játék, humán empirikus „fékek” beprogramozása viszont nehéz lehet.

Tegyük fel, **végtelen so**k forduló lehet

Az 1. ágens stratégiája. Mindig (1,0)-át javasolni és a 2. ágens bármely javaslatát elutasítani. Ha a 2. ágens elutasítja: konfliktus! Akkor inkább el kell fogadnia, és ezt akkor már az első fordulóban érdemes.

Pontosabban: akármit is (x,1-x) formában javasol az 1. ágens, az azonnali elfogadása a **Nash-egyensúl**y mindaddig, amíg a 2. ágens tudja az 1. ágens stratégiáját.

(Nash-egyensúly tehát túlzottan gyenge kritérium)

Vegyük figyelembe az **idő múlását**!

Akármilyen x kimenetelről lenne szó, mindkét ágens ezt időben korábban nagyobbra értékeli, mint később – **leszámoltatás**

$$\lambda_i,\, i \in \{1, 2\},\, 0 \le \lambda < 1$$

Minden ágensnek van leszámoltatási tényezője
Minél közelebb áll ez 1-hez, annál **türelmesebb** egy ágens.

Ha egy ágensnek x-et kinálnak, akkor az ő számára az x tortarész értéke

0. 1. 2. … k-ik időpillanatban $x,\ \lambda_i x,\ \lambda_i \lambda_i x,\ \ldots,\ (\lambda_i)^k x$
avagy idővel egyre kevésbé értékes

Az egyfordulós tárgyalás még mindig egy ultimátum.

Két forduló: a 2. ágens eddigi módon játszhat, de amit kap, most csak λ_2 -t ér nála. Megkaphatja akár az egész tortát, de ez most kevesebbet ér.
Az 1. ágens ezt figyelembe veheti: (v1,v2) = (1- λ_2, λ_2)-at javasolva.
A 2. ágens jobbat nem kaphat, ez most a Nash-egyensúly.

Általános esetben az 1. ágens azt javasolja, amit a 2. ágens a második fordulóban ki is kényszeríthet.

1. ágens része v1: $\dfrac{1-\lambda_2}{1-\lambda_1\lambda_2}$ 2. ágens része v2: $\dfrac{\lambda_2(1-\lambda_1)}{1-\lambda_1\lambda_2}$

Egy ágensnek olyan üzletet kell javasolnia, amit a másik el is fog fogadni:
Az 1. ágensnek így olyan δ_1^* üzletet kell javasolnia, amire $u_2(\delta_1^*) = \lambda_2\, u_2\,(\delta_2^*)$.
A 2. ágensnek olyan δ_2^* üzletet kell javasolnia, amire $u_1(\delta_2^*) = \lambda_1\, u_1\,(\delta_1^*)$.
Mivel $u_1(\delta) = \delta$ és $u_2(\delta) = 1 - \delta$, két egyenletünk van:

$$1 - \delta_1^* = \lambda_2\,(1 - \delta_2^*) \qquad \delta_2^* = \lambda_1\,\delta_1^*$$

Türelmesebb jobban jár!

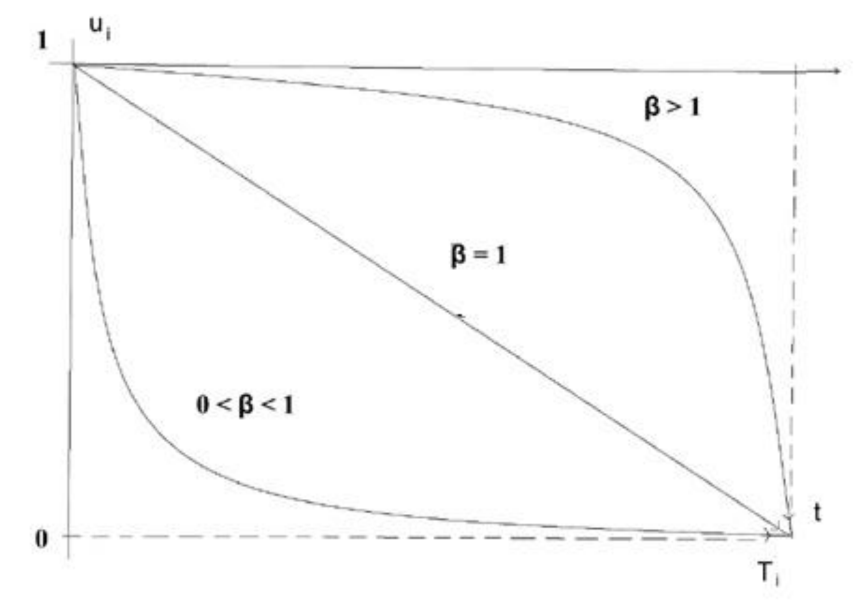
λ_1 = .9, λ_2 = .2	v1 = .975	v2 = .024
λ_1 = .5, λ_2 = .5	v1 = .666	v2 = .333
$\lambda_1 \to 1$, $\lambda_2 = \to 1$	v1 $\to$ .5	v2 $\to$ .5

Heurisztikus megközelítés

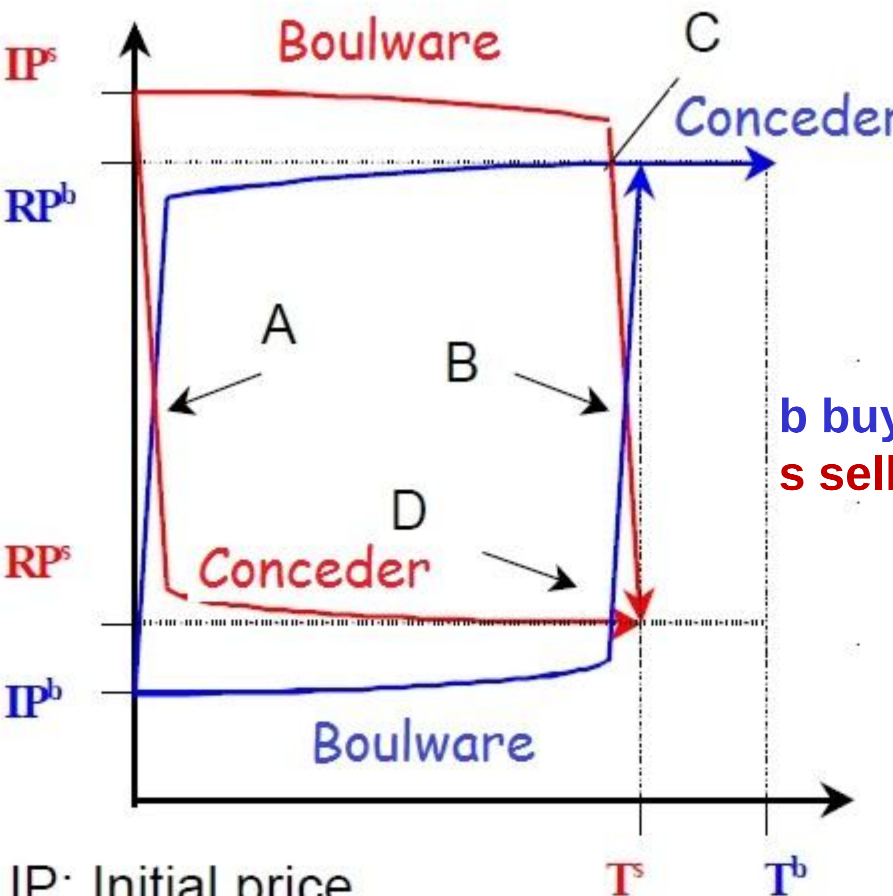
A pontos leszámoltatás (ellenfélmodell) ismeretlen

Értékítélet heurisztikus becslése: $U_i(t) = 1 - (\frac{t}{T_i})^{\beta}, \quad i \in [b, s]$

- lineáris $\beta = 1$
- „**Boulware**” stratégia (GE vice president L. Boulware)
  először sokáig kis engedmények, a végén egy nagyobb, $\beta > 1$
  a megegyezés halogatása, messze a rezervációs szinttől
- „**Conceder**” engedmény stratégia $0 < \beta < 1$
  nagy engedmény gyorsan (a megegyezés sürgetése),
  majd sokáig kis engedmények, a rezervációs szint közelében



$$Offer_i(t) = RP_i + U_i(t)(IP_i - RP_i)$$
$$= IP_i + (RP_i - IP_i)(\frac{t}{T_i})^{\beta}$$



A: b and s use Conceder strategy

B: b and s use Boulware strategy

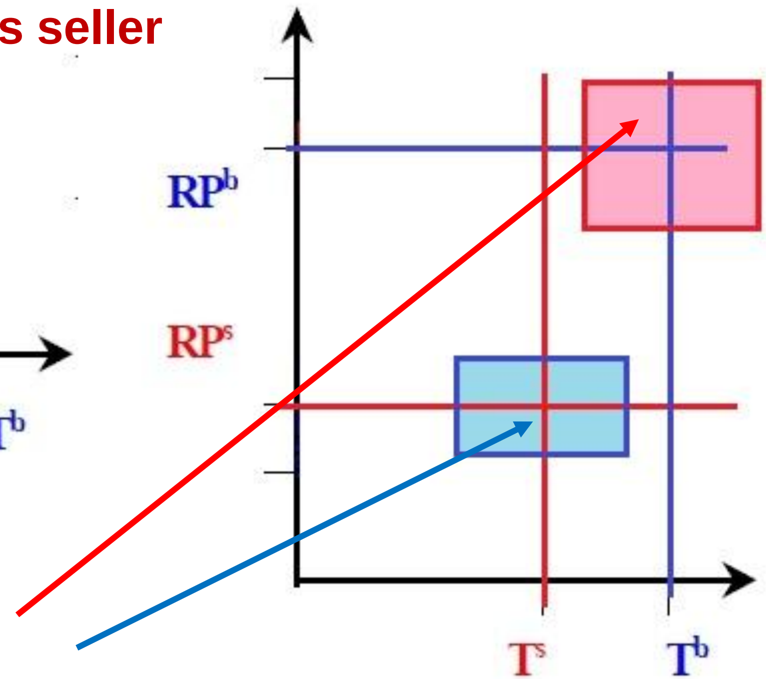
C: b uses Concede
and s uses Boulware

D: b uses Boulware
and s uses Conceder

b buyer

s seller

IP: Initial price
RP: Reserve price
T: Deadline



Probability
Bayes: prior → posterior

$\delta_1 \succ \delta_2$ A δ_1 **dominálja** δ_2-t

$\forall i \in \{1,2\}:\ u_i(\delta_1) \geq u_i(\delta_2)$ Ha a δ_1 legalább ugyanolyan jó minden ágensre, mint a δ_2. (gyenge dominancia)

$\exists i \in \{1,2\}:\ u_i(\delta_1) > u_i(\delta_2)$ Van olyan ágens, akinek a δ_1 jobb, mint a δ_2.

Mások által nem dominált üzlet a **Pareto-optimális** $\forall i:\ u_i(\delta_1) > u_i(\delta_2)$

Individuálisan racionális üzlet = a konfliktus-üzletet gyengén dominálja.

$$\forall i:\ u_i(\delta) \geq u_i(\delta_-)$$

Legális javaslat a Pareto-optimális és individuálisan racionális javaslat.

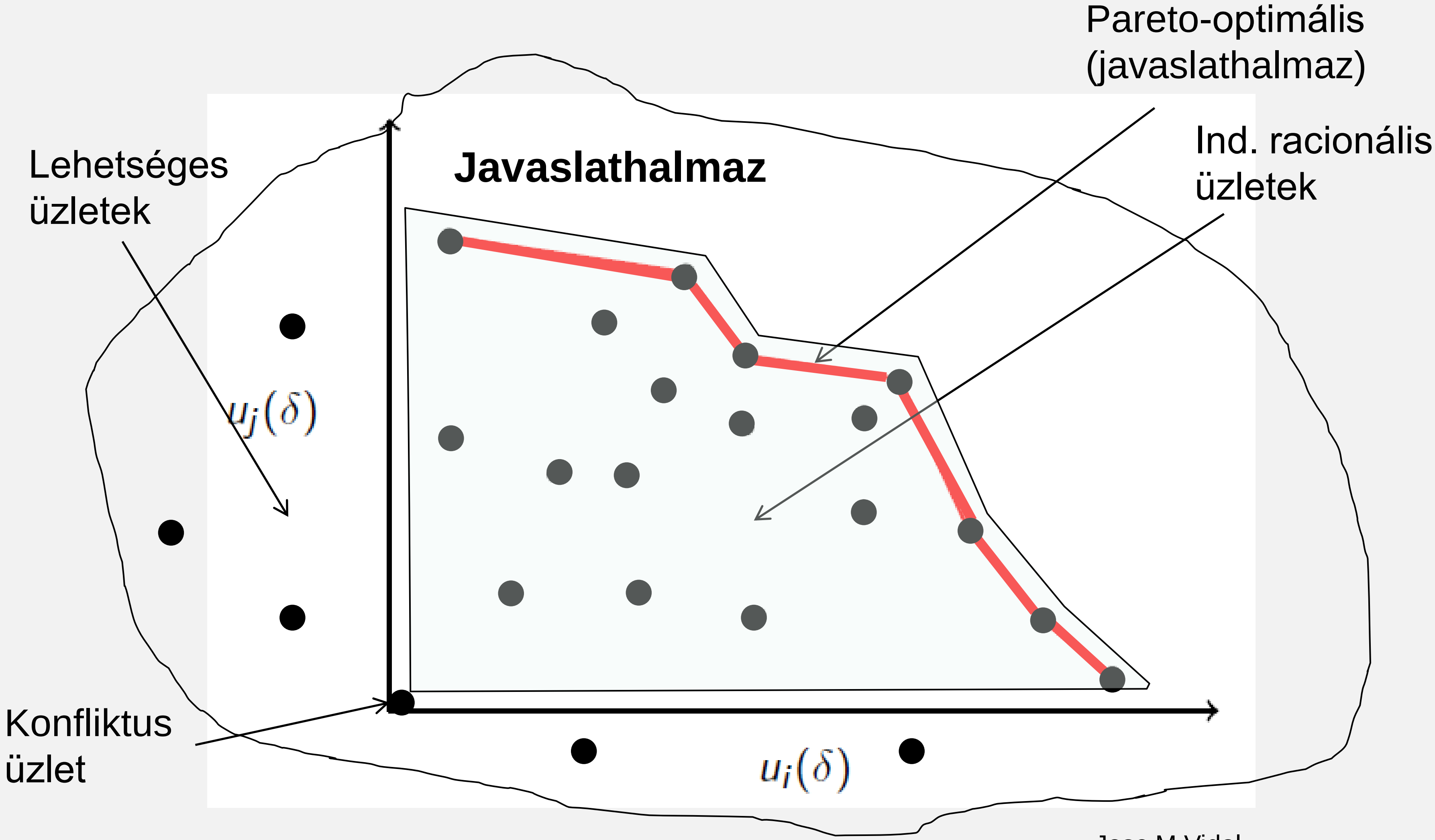
Hasznosságegység-függetlenség (**HEF**): ha *U* mellett δ az üzlet, de adva $U' = \{\beta_1 u_1, ..., \beta_k u_k\}, u \in U$ az üzlet *δ' és* $\forall i:\ u_i(\delta') = \beta_i\, u_i(\delta)$

Irreleváns alternatíva függetlensége (**IAF**): ha adott Δ mellett a δ üzletet választjuk, akkor adott Δ' mellett, $\delta \in \Delta' \subset \Delta$, szintén δ-t választjuk (a györtes üzlet nem változik, ha egy vesztes üzletet kiiktatunk)

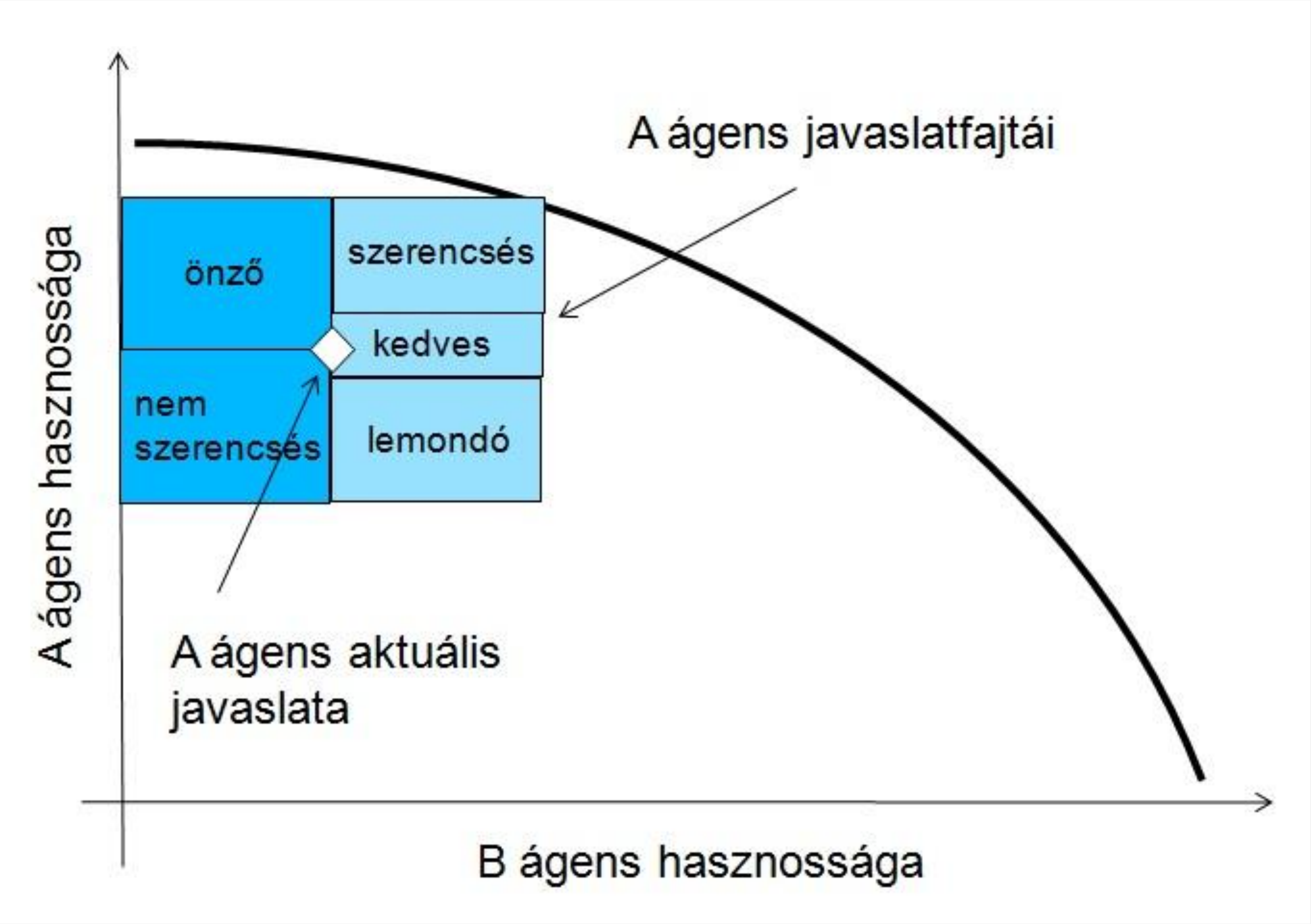
Szimmetria: az üzlet u.a., amíg a hasznosságok halmaza u.a., függetlenül attól, hogy mely ágens hasznossága az.

Stratégiai megoldás lehetőségei

Pareto-optimális, ... de melyik legyen?



Jose M Vidal
Fundamentals of Multiagent
Systems with NetLogo Examples


A ágens javaslatfajtái
önző
szerencsés
kedves
nem szerencsés
lemondó
A ágens aktuális javaslata
A ágens hasznossága
B ágens hasznossága

Stratégiai megoldás lehetőségei (axiomatikus megoldások)

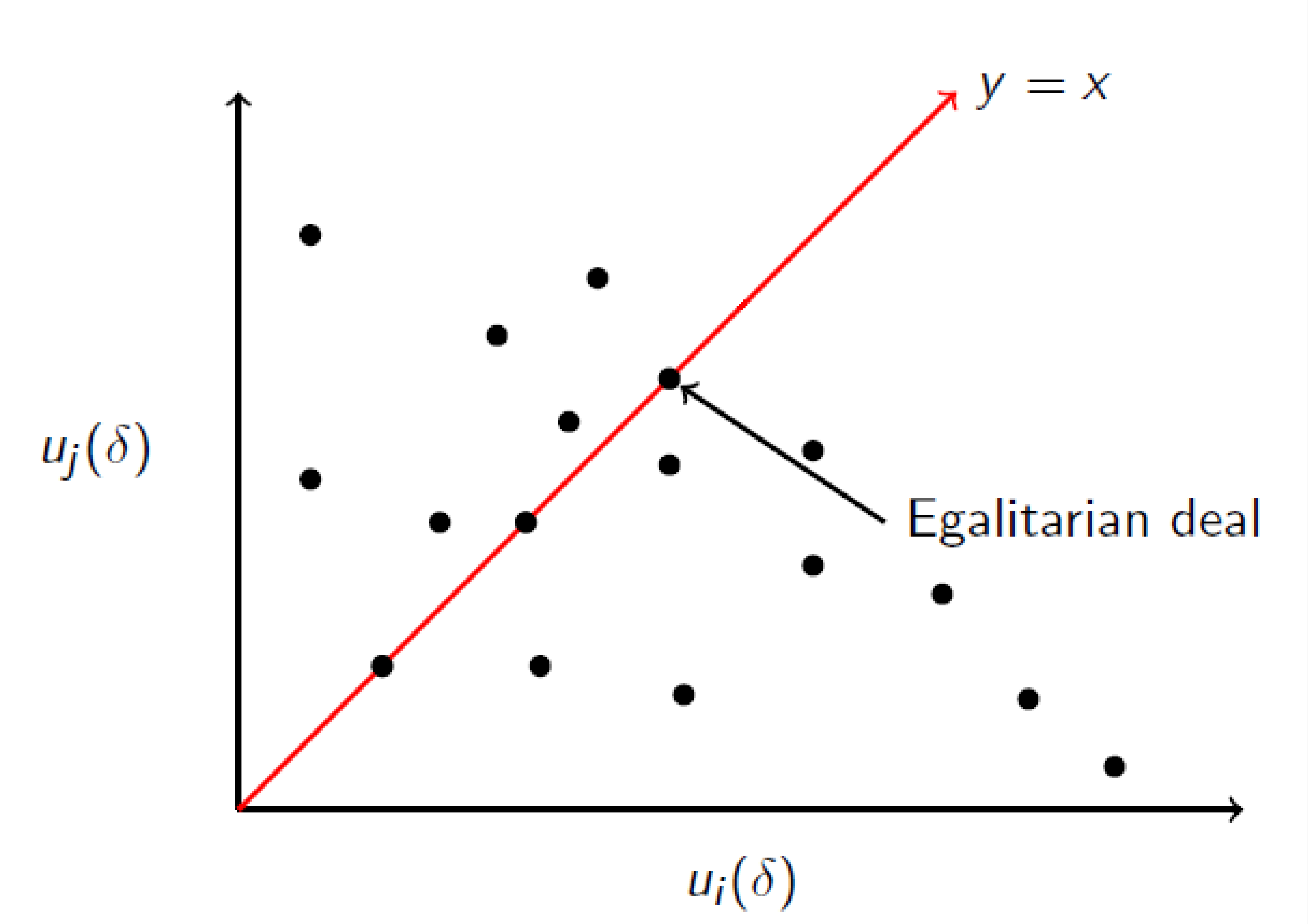
Pareto-optimális

de melyik legyen?

Érdekek egyenlősdije - Egalitárius
Haszonelvűség - Utilitárius
Szociális jólét egalitárius
Nash-alku
Kalai-Smorodinsky
…

Egalitárius

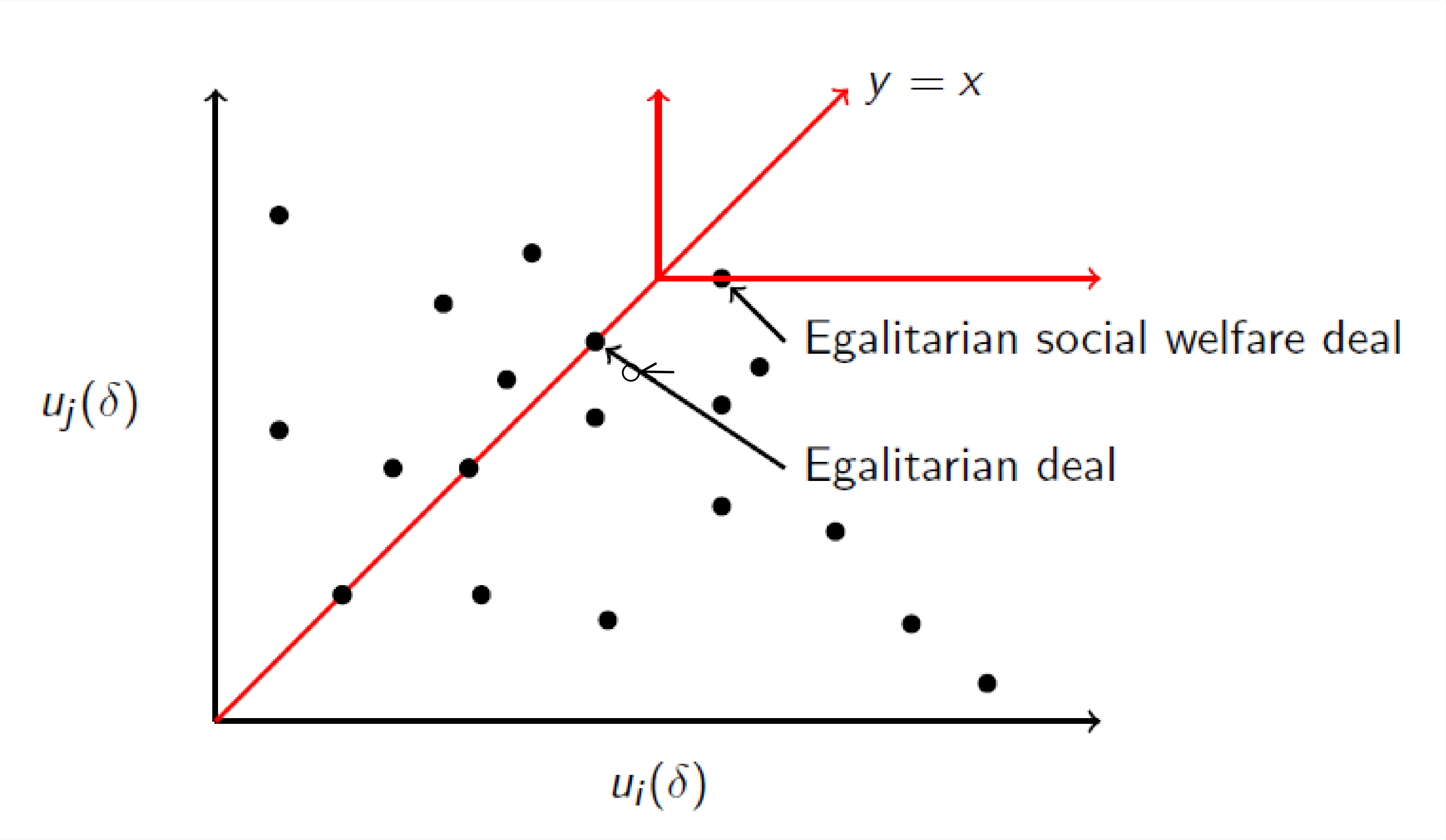
$$\delta = \operatorname*{argmax}_{\delta' \in E} \sum_i u_i(\delta'), \;\; E = \left\{ \delta \mid \forall_{i,j}\; u_i(\delta) = u_j(\delta) \right\}$$



Jose M Vidal
Fundamentals of Multiagent Systemswith NetLogo Examples

Szociális jólét egalitárius

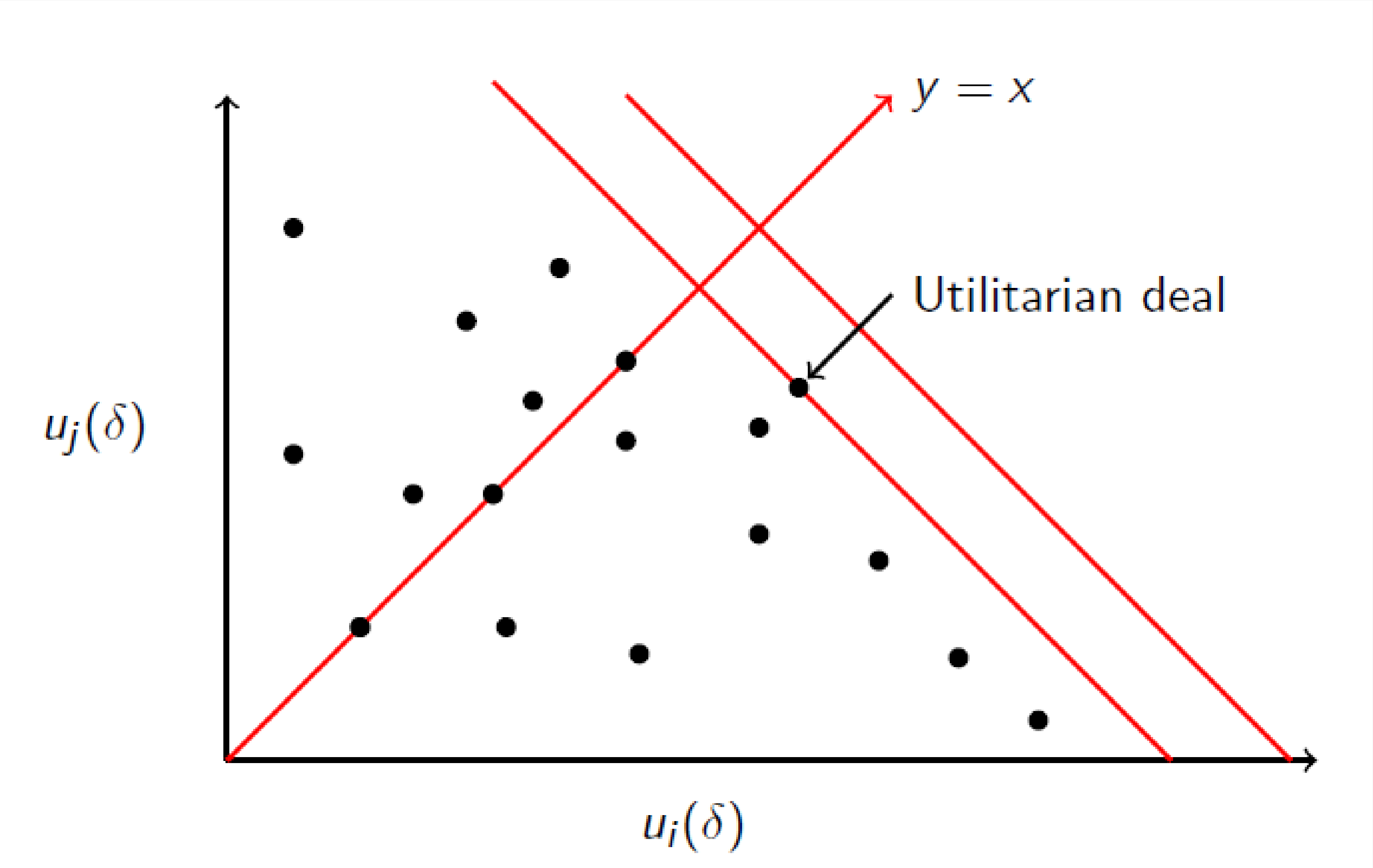
$$\delta = \arg\max_{\delta} \min_{i} u_i(\delta),$$



Jose M Vidal
Fundamentals of Multiagent Systemswith NetLogo Examples

Utilitárius

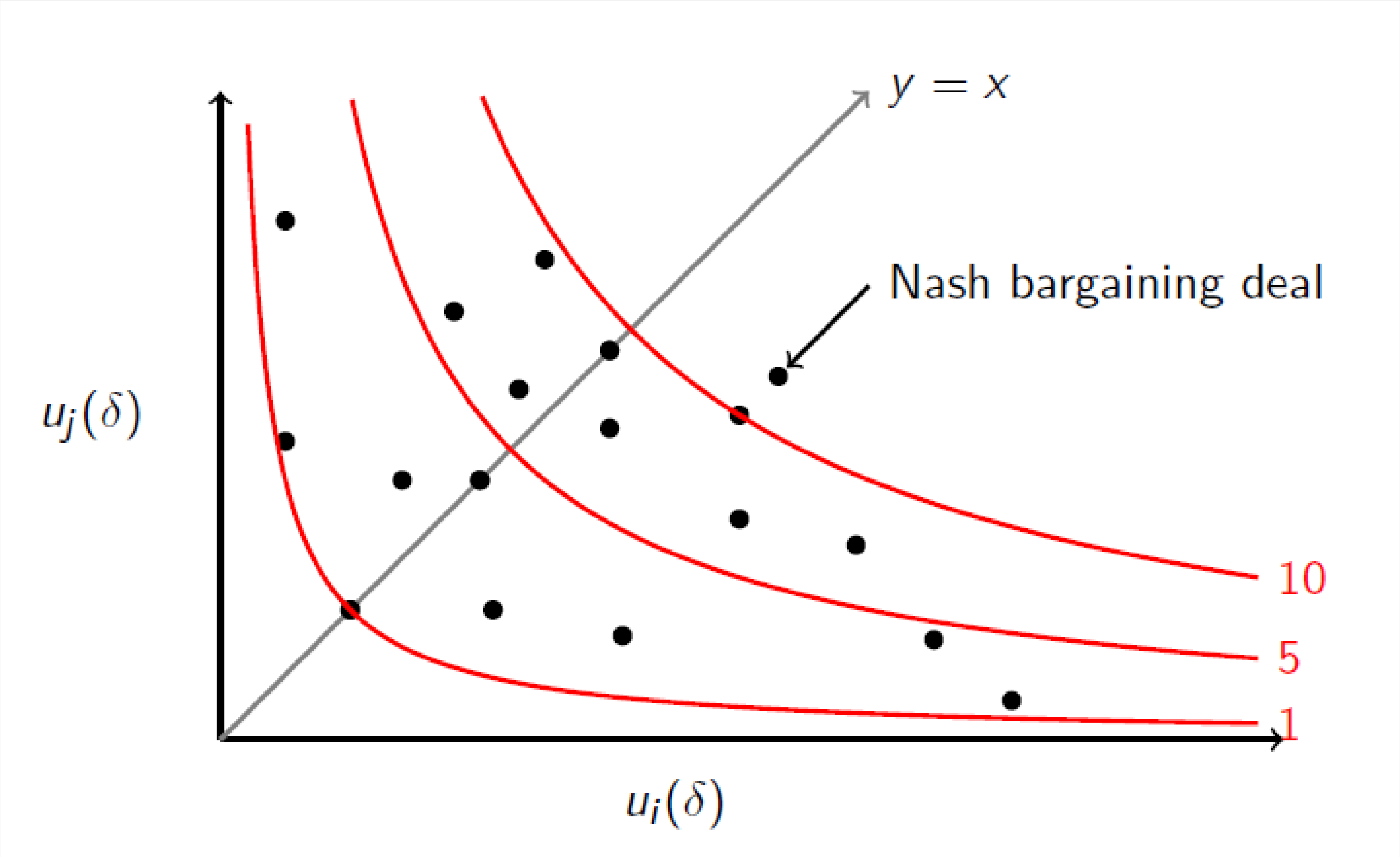
$$\delta = \arg\max \sum_i u_i(\delta)$$



Jose M Vidal
Fundamentals of Multiagent Systemswith NetLogo Examples

Nash-alku

$$\delta = \arg\max_{\delta'} \prod_i u_i(\delta')$$

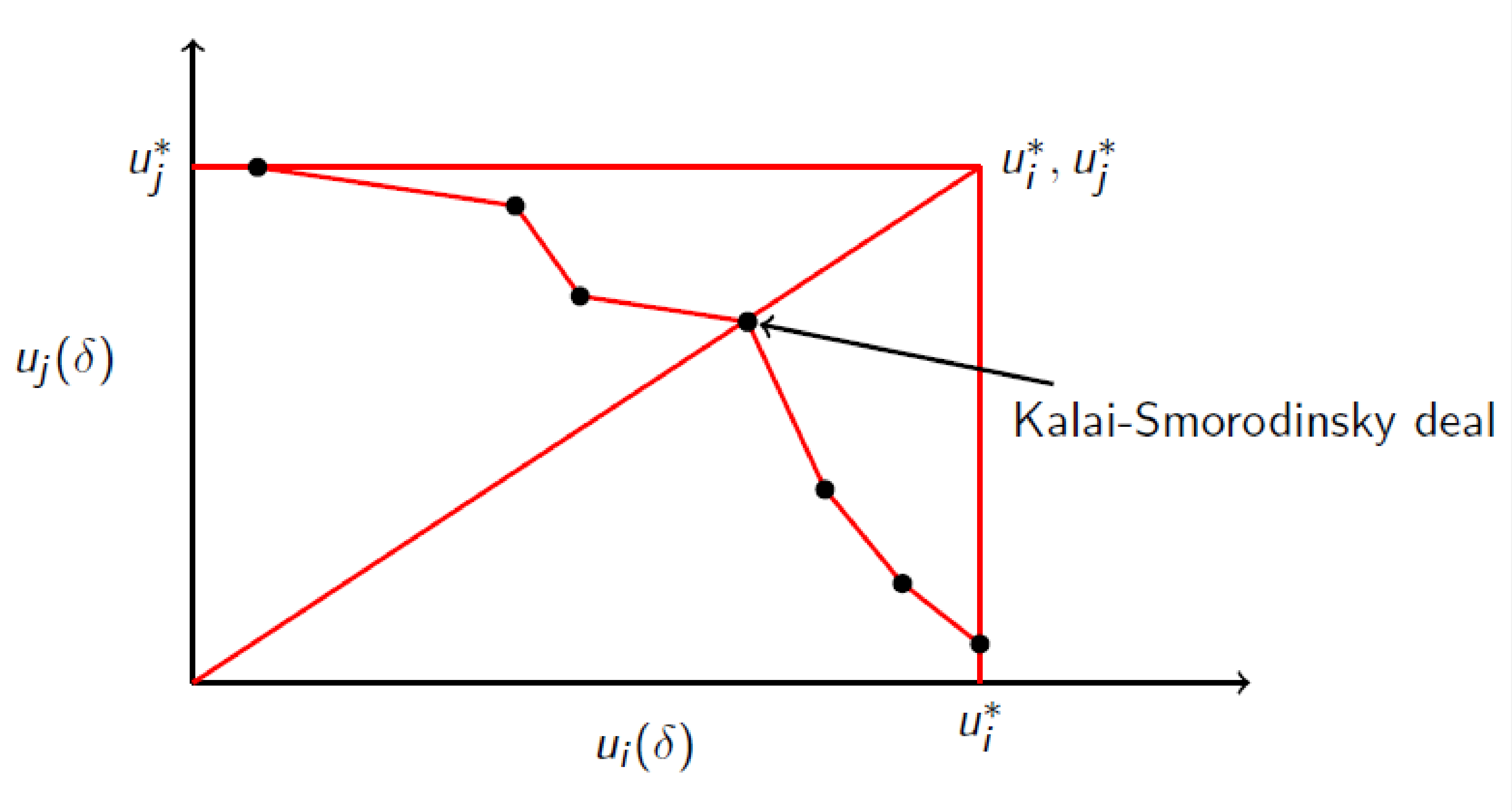


Egyetlen, ami: (1) Pareto-hatékony, (2) HEF, (3) IAF, (4) szimmetrikus

Jose M Vidal
Fundamentals of Multiagent Systemswith NetLogo Examples

Kalai-Smorodinsky

Legyen u_i* az *i* ágens maximális haszna, amit a Pareto-határvonalbeli üzletekből hozhat ki.
Keressük meg azt az üzletet, ami a δ_- és a (u_i*, u_j*) pont közötti egyenesen fekszik.



Jose M Vidal
Fundamentals of Multiagent Systemswith NetLogo Examples

Monoton Engedmény Protokoll

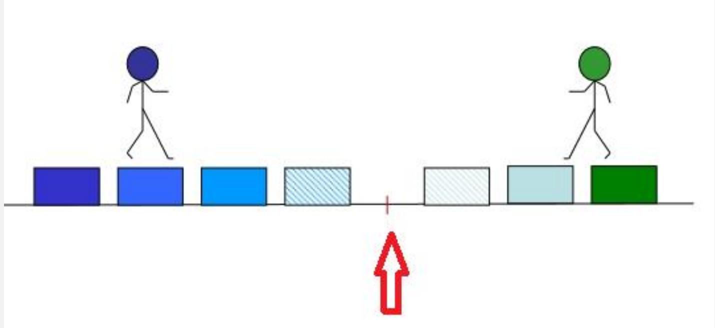
- Fordulók
- Megegyezés, ha 1. ágens olyan δ_1 üzletet és 2. ágens olyan δ_2 üzletet javasol, hogy vagy $u_1(\delta_2) \geq u_1(\delta_1)$, vagy $u_2(\delta_1) \geq u_2(\delta_2)$, azaz „a másik javaslata legalább ilyen jó, mint az enyém”

Választás: üzlet maximális hasznossággal

Ha legális üzletre nincs lehetőség: konfliktus-üzlet

De hosszú lehet

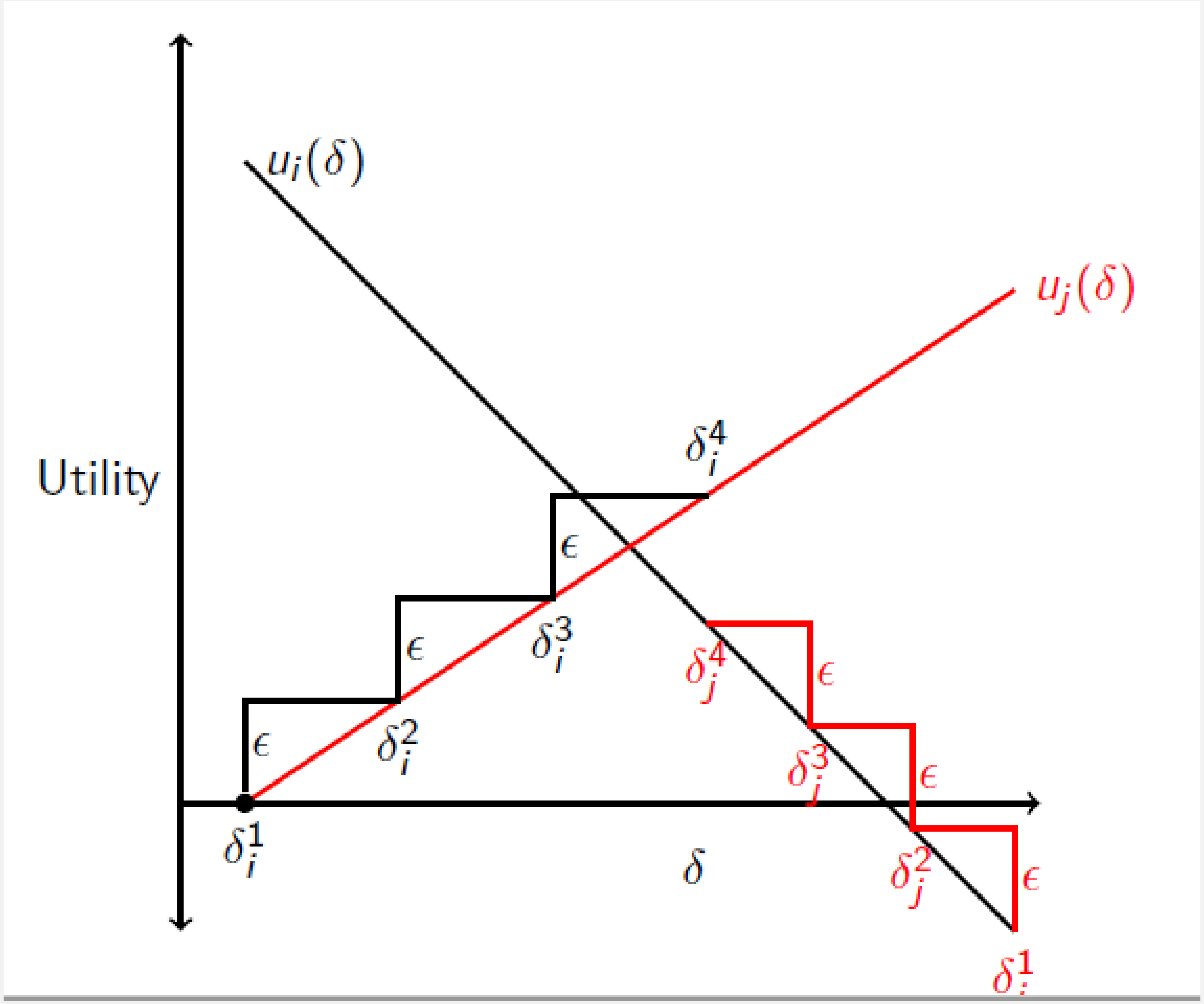
- tudni kell egymásnak hasznossági görbéjét
- és ha kölcsönösen egymás javaslatát el akarják fogadni?



1. $\delta_i \leftarrow \arg\max_\delta u_i(\delta)$
2. δ_i üzlet javaslata
3. δ_j üzlet ellenjavaslata
4. **if** $u_i(\delta_j) \geq u_i(\delta_i)$
5. **then** δ_j elfogadása
6. **else** $\delta_i \leftarrow \delta'_i$, olyan hogy
   $u_j(\delta'_i) \geq \varepsilon + u_j(\delta_i)$ és $u_i(\delta'_i) \geq u_i(\delta_-)$
7. goto 2.

Monoton Engedmény Protokoll

Hasznossági görbe u(t)



Jose M Vidal
Fundamentals of Multiagent Systemswith NetLogo Examples

Monoton Engedmény Protokoll
– N-M multilaterális tárgyalás

- Fordulók
- 1. Minden ágens előáll a javaslatával

…

- k. Mindegyik ágens vagy ragaszkodik a javaslatához,
  vagy engedményt tesz.
  Ismétlés megegyezéshez, vagy konfliktus-üzlet beálltáig.

Konfliktus-üzlet: a fordulóban senki nem tesz engedményt.

Megegyezés: ha egy ágens olyan üzletet javasol, ami mások számára legalább olyan jó, mint a saját javaslatuk.

N-M multilaterális engedmény stratégiák

Erős engedmény,
ami mások számára szigorúan előnyösebb.

Gyenge engedmény,
ami mások közül legalább egy számára szigorúan előnyösebb.

Pareto engedmény,
ami mások számára nem rosszabb és közülük egy számára szigorúan előnyösebb.

Utilitárius engedmény,
ami mások összjólétét (hasznosságok összegét) növeli.

Egalitárius engedmény,
ami mások minimális hasznosságát növeli.

Nash-engedmény,
ami mások hasznosságának szorzatát növeli.

Egocentrikus engedmény,
ami a javaslattevő szempontjából rosszabb.

Monoton Engedmény Protokoll – Zeuthen (1930) stratégia

Milyen legyen egy jó stratégia?

- Mit kellene javasolni az első fordulóban?
- Egy-egy fordulóban kinek kellene engedményeket tennie?
- Ha egy ágens engedményt tesz, mennyit engedjen?

Monoton Engedmény Protokoll – Zeuthen (1930) stratégia

Milyen lenne egy jó stratégia?

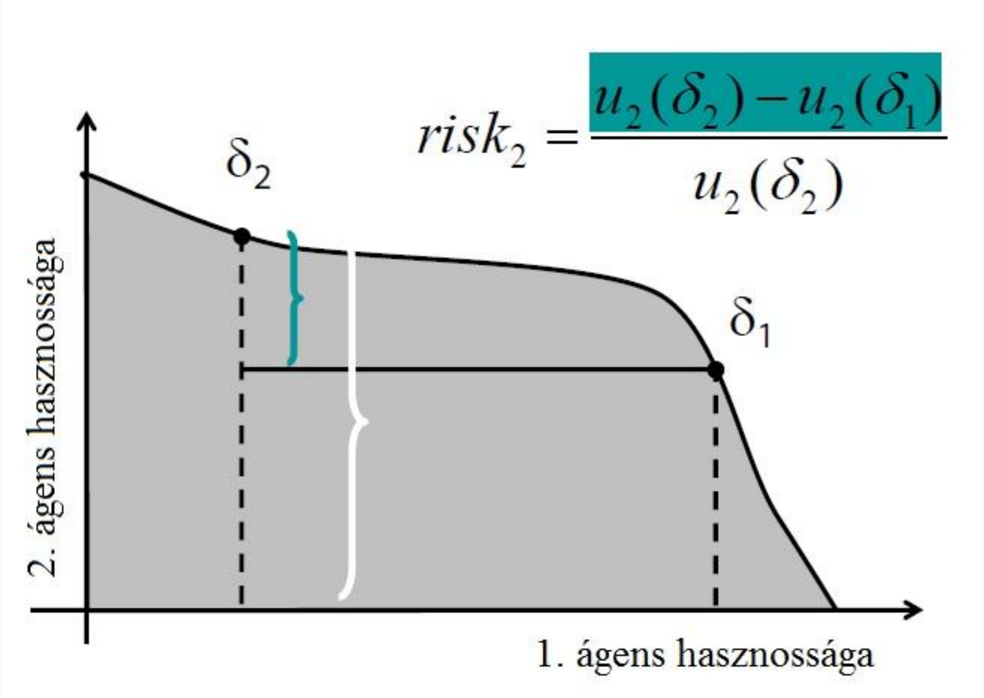
- Mit kellene javasolni az első fordulóban?
  - Mindenki javasolja az ő leginkább preferrált üzletét.
- Egy-egy fordulóban kinek kellene engedményeket tennie?
  - Annak az ágensnek, aki legkevésbé hajlandó kockáztatni a konfliktust.
- Ha egy ágens engedményt tesz, mennyit engedjen?
  - Épp annyit, hogy megszünjen ilyennek lenni
    (azaz a konfliktust legkevésbé kockáztatni hajlandó)
    - Ha kevesebb: újra kell engedményt tennie – nem hatékony
    - Ha több – hasznosságot pazarol.

Az i ágens hajlandósága konfliktust kockáztatni magas, ha:
az aktuális javaslata és a konfliktus hasznosság különbsége alacsony (a konfliktussal nem veszít sokat)
az aktuális javaslata és az ellenfél javaslata hasznosság különbsége magas (az engedménnyel sokat veszít)

Az i ágens hajlandósága konfliktust kockáztatni:

$$risk_i^t = \frac{i\ \text{hasznosságvesztessége, ha}\ j\ \text{javaslatát elfogadja}}{i\ \text{hasznosságvesztessége, ha okoz konfliktust}}$$

$$= \frac{u_i(\delta_i^t) - u_i(\delta_j^t)}{u_i(\delta_i^t)} = 1 - \frac{u_i(\delta_j^t)}{u_i(\delta_i^t)} \qquad \text{és} \qquad 1, \quad ha \quad u_i(\delta_i^t) = 0$$



Engedményt tevő i ágens:

$$risk_i^t < risk_j^t$$

Zeuthen stratégia:
- nem garantálja a szociális jólét maximumát,
- **garantálja a Nash-produktum maximumát**, (i tesz engedményt, ha az üzlete a Nash-produktum maximumától elmarad)

$$risk_i \leq risk_j \quad \leftrightarrow \quad \pi(\delta_i) \leq \pi(\delta_j), \quad \pi(\delta_i) = u_i(\delta_i) u_j(\delta_i)$$

- garantáltan terminálódik,
- az elért **megegyezés individuális racionális és Pareto optimális**,
- Nash-egyensúly, ha az ellenfél is ezt használja (stratégia publikus lehet, az ellenfélnek nem érdemes ettől eltérni),
- ismerni kell kölcsönösen a hasznosságok számítását
- és ha a kockázat azonos?

Az i ágens hajlandósága konfliktust kockáztatni multilaterális esetben(?):

$$risk_i^t = \frac{u_i(\delta_i^t) - \min\left\{u_i(\delta_j^t), \quad j \in ágensek\right\}}{u_i(\delta_i^t)}$$

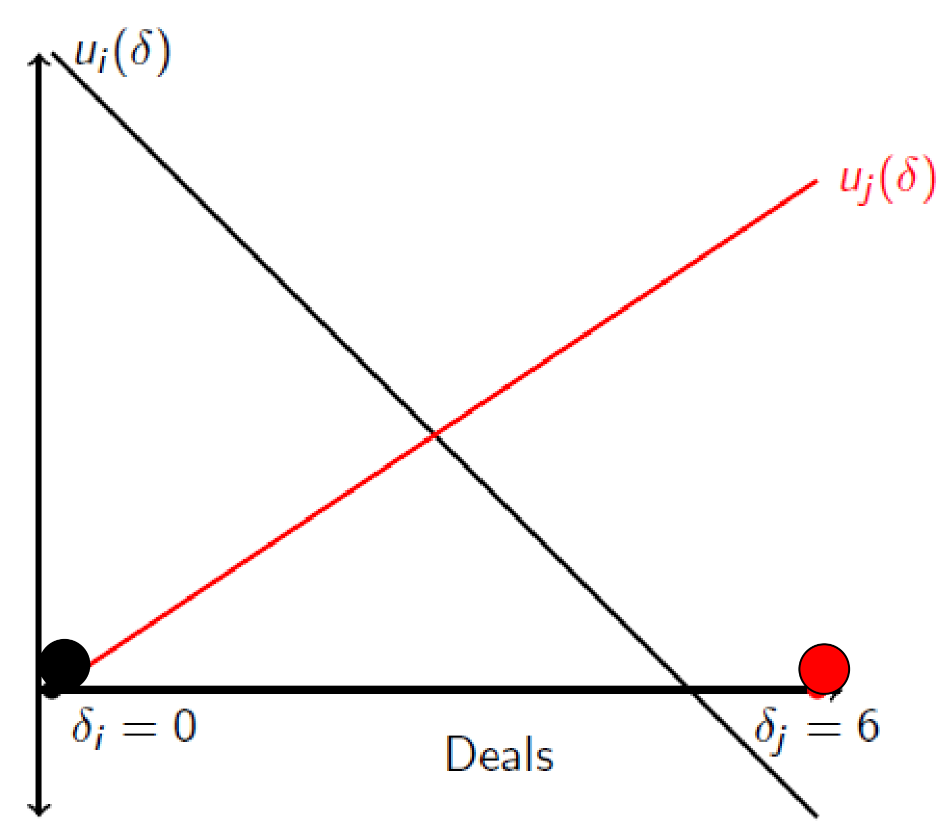
Zeuthen stratégia

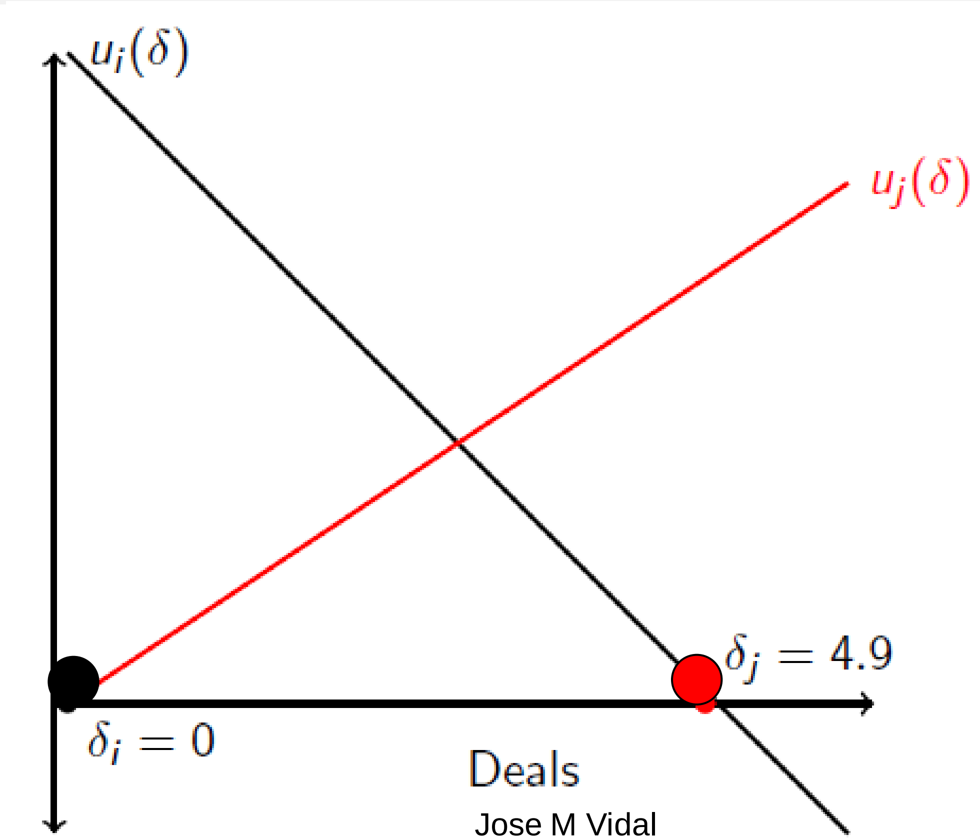
1. $\delta_i \leftarrow \arg\max_\delta u_i(\delta)$
2. δ_i üzlet-javaslata
3. δ_j üzlet-ellenjavaslata
4. **if** $u_i(\delta_j) \geq u_i(\delta_i)$ **then** δ_j elfogadása
5. $risk_i$, $risk_j$ kiszámítása
6. **if** $risk_i < risk_j$
   then $\delta_i \leftarrow \delta'_i$, olyan hogy
   $risk_i(\delta'_i) > risk_j(\delta'_j)$
   goto 2
7. goto 3.

Zeuthen stratégia

$u_i(\delta) = 5 - \delta$
$u_j(\delta) = \frac{2}{3}\delta$
$\delta \in [0, 6]$
$\delta_i = 0, \delta_j = 6$
$risk_i = \frac{5-(-1)}{5} = \frac{6}{5}$
$risk_j = \frac{4-0}{4} = 1$

$u_i(\delta) = 5 - \delta$
$u_j(\delta) = \frac{2}{3}\delta$
$\delta \in [0, 6]$
$\delta_i = 0, \delta_j = 6$
$risk_i = \frac{5-(-1)}{5} = \frac{6}{5}$
$risk_j = \frac{4-0}{4} = 1$ j must concede more than 1.
$\delta_j < 5$





Jose M Vidal
Fundamentals of Multiagent Systemswith NetLogo Examples

Egylépéses tárgyalási stratégia

$$
\begin{array}{ll}
1 & E \leftarrow \left\{ \delta \mid \forall_{\delta}\ \ u_i(\delta)\, u_j(\delta) \geq u_i(\delta')\, u_j(\delta') \right\} \\
2 & \delta_i \leftarrow \arg\max_{\delta \in E} u_i(\delta) \\
3 & \delta_i \quad \textit{javaslata} \\
4 & \delta_j \quad \textit{beérkezése} \\
5 & \textit{if} \quad u_i(\delta_j)\, u_j(\delta_j) < u_i(\delta_i)\, u_j(\delta_i) \\
6 & \textit{then} \quad \textit{hiba, } j \textit{ nem követi az előírt stratégiát} \\
7 & \textit{koordinálás } j - \textit{vel melyik üzletet elfogadni}
\end{array}
$$

(Mivel Zeuthen stratégia maximálja a Nash-produktumot:

$$\boldsymbol{\pi(\delta_i) = u_i(\delta_i) u_j(\delta_i)}$$