

# Spolupráce a soutěžení

Radek Pelánek

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

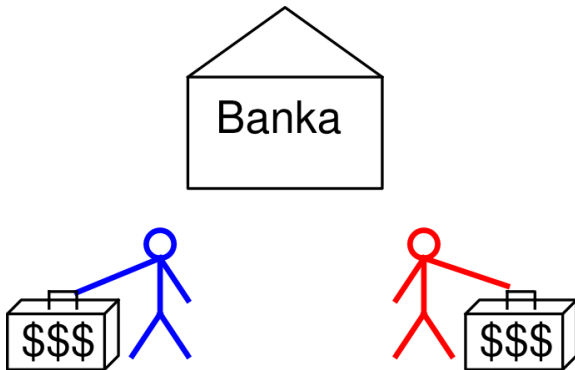
# Hlavní otázky

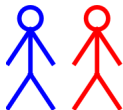
Může se vyvinout spolupráce ve skupině soutěživých egoistických jedinců?

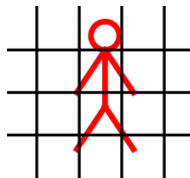
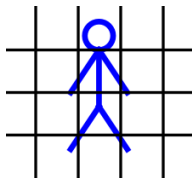
Může být altruismus (evolučně) výhodný?

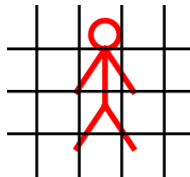
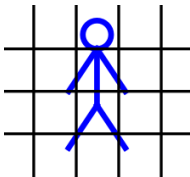
# Dilema vězně

- *Prisoner Dilemma*
- *E. Coli* sociální psychologie
- původ 50. léta, hrozba jaderného konfliktu, ...
- psychologie, politologie, sociologie, matematika, ekonomie, ...
- zkrácená verze přednášky:
  - <http://www.youtube.com/watch?v=i0iuQJibkQE>
  - <http://www.youtube.com/watch?v=urbraGeNDgE>
- Robert Axelrod, *Evolution of Cooperation* (a další)

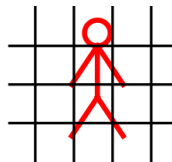
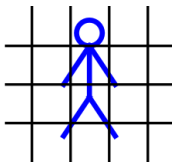








mlčet	1 rok
zradit	volný



	mlčet	zradit
mlčet	1 rok	10 let
zradit	volný	5 let



	spolupráce	zrada
spolupráce	3 3	0 5
zrada	5 0	1 1

# USA vs SSSR

		zbrojit málo		zbrojit hodně	
		spolupráce		zrada	
zbrojit málo	spolupráce	3	3	0	5
	zrada	5	0	1	1
zbrojit hodně					

# ODS vs ČSSD

		pozitivní kampaň		negativní kampaň	
		spolupráce		zrada	
pozitivní kampaň	spolupráce	3	3	0	5
	zrada	5	0	1	1
negativní kampaň					

*ne úplně aktuální příklad...*

## O2 vs T-Mobile

		levná reklama spolupráce	drahá reklama zrada
levná reklama	spolupráce	3 3	0 5
drahá reklama	zrada	5 0	1 1

# Další aplikace

- senátoři
- cyklisti
- zákopová válka
- obecní pastvina
- spolupráce ryb

# Příklady aplikací



# Zobecnění

každé políčko udává dvojici (zisk můj, zisk oponenta):

já \ on	spolupráce	zrada
spolupráce	SS, SS	SZ, ZS
zrada	ZS, SZ	ZZ, ZZ

# Různá dilemata

dilema vězně  $ZS > SS > ZZ > SZ$

(občas se navíc vyžaduje, aby  $SS > \frac{ZS+SZ}{2}$ )

kuře (chicken)  $ZS > SS > SZ > ZZ$

dva bořící jedou proti sobě autama, kdo uhne je kuře

lov na jelena (stag hunt)  $SS > ZS > ZZ > SZ$

můžem jít lovit buď jelena (spolupráce) nebo zajíce (zrada), jelen je větší odměna, ale potřeba, aby na něho šli všichni



# Klasický případ

	spolupráce	zrada
spolupráce	3 3	0 5
zrada	5 0	1 1

(živé demo)

# Poznámky

- pro dilema vězně **není** důležité aby:
  - zisky různých hráčů byly symetrické a ani přímo srovnatelné
  - hodnoty byly absolutní (stačí relativní uspořádání)
- **není** to **hra s nulovým součtem**, ačkoliv o ní lidé často intuitivně tak uvažují

# Analýza jednokolové hry

## Pohled racionálního sobce

	spolupráce	zrada
spolupráce	<div>3 3</div> <div>^</div>	<div>0 5</div> <div>^</div>
zrada	<div>5 0</div>	<div>1 1</div>

# Analýza jednokolové hry

- ať udělá soupeř cokoliv je výhodnější **zrada**
- z pohledu racionální teorie her se tedy nejedná o dilema – existuje stabilní strategie (zrada)
- psychologické dilema: když oba zradíme, tak jsme na tom hůř, než kdybychom oba spolupracovali...

# Vícekolová varianta

- Výhodnost zrady – i pro více kol se stejným partnerem
  - argumentace zpětnou indukcí
  - ale neodpovídá realitě, viz piráti, „2/3 průměru“
- Výhodnost zrady nefunguje pokud:
  - neznámý počet kol
  - turnaj více hráčů

# Vícekolová varianta: Kdo je úspěšný?

- hra v prostředí s více hráči
- je stále výhodná zrada?
- zkusme několik různých strategií, **simulace**

# Strategie

zápasy na 5 kol mezi strategiemi

## **Padouch**

vždy zradí

## **Dobrák**

vždy spolupracuje

## **Nepromíjející**

spolupracuje, dokud partner nezradí

Dobrák		Padouch	
S	0	Z	5



Dobrák		Padouch	
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5
<b>0</b>		<b>25</b>	

Nepromíjející		Padouch	
S	0	Z	5

Nepromíjející		Padouch	
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5
<b>Z</b>	1	<b>Z</b>	1

Nepromíjející		Padouch	
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5
<b>Z</b>	1	<b>Z</b>	1
<b>Z</b>	1	<b>Z</b>	1
<b>Z</b>	1	<b>Z</b>	1
<b>Z</b>	1	<b>Z</b>	1
<b>4</b>		<b>9</b>	

Nepromíjející	Dobrák
<b>S</b> 3	<b>S</b> 3
<b>S</b> 3	<b>S</b> 3
<b>S</b> 3	<b>S</b> 3
<b>S</b> 3	<b>S</b> 3
<b>S</b> 3	<b>S</b> 3
<b>15</b>	<b>15</b>

# Trochu složitější strategie

## Alternující

střídá zradu a spolupráci

## Oko za oko

začne spoluprací, pak oplácí tah partnera

## Zrádné oko za oko

začne zradou, pak oplácí tah partnera

Zrádné oko za oko		Dobrák	
Z	5	S	0

Zrádné oko za oko		Dobrák	
Z	5	S	0
S	3	S	3



Zrádné oko za oko		Dobrák	
<b>Z</b>	5	<b>S</b>	0
<b>S</b>	3	<b>S</b>	3
<b>S</b>	3	<b>S</b>	3
<b>S</b>	3	<b>S</b>	3
<b>S</b>	3	<b>S</b>	3
<b>17</b>		<b>12</b>	

Okolo za oko		Alternující	
S	0	Z	5

Oko za oko		Alternující	
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5
<b>Z</b>	5	<b>S</b>	0

Oko za oko		Alternující	
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5
<b>Z</b>	5	<b>S</b>	0
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5

Oko za oko		Alternující	
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5
<b>Z</b>	5	<b>S</b>	0
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5
<b>Z</b>	5	<b>S</b>	0
<b>S</b>	0	<b>Z</b>	5
<b>10</b>		<b>15</b>	

	Oko	Alt	Pad	Dob	Nep	Zra	
Oko za oko	15	10	4	15	15	10	<b>69</b>
Alternující	15	9	3	21	9	11	<b>68</b>
Padouch	9	13	5	25	9	5	<b>66</b>
Dobrák	15	6	0	15	15	12	<b>63</b>
Nepromíjející	15	4	4	15	15	8	<b>61</b>
Zrádné oko	15	11	5	17	8	5	<b>61</b>

# Axelrodovy turnaje

- výsledky ovlivněny výběrem strategií
- co když jsou zmanipulovány?
- V 80. letech uspořádal Robert Axelrod několik pořádných turnajů v iterovaném dilematu vězně...

# První turnaj: systém

- účastníci – vědci z různých disciplín, které dilema vězně používají (matematici, ekonomové, psychologové, politologové)
- 14 zaslaných strategií + Random
- 200 kol, každý s každým



# Příklady strategií

**TFT** tit for tat = oko za oko (půjčka za oplátku), tato strategie začíná spoluprací a pak vždy hraje to, co hrál soupeř minule

**TF2T** tit for two tat

**JOSS** podobně jako TFT, ale občas náhodně zradí

**FRIEDMAN** začíná spoluprací, nikdy neodpouští

**DOWNING** pravděpodobnostní odhad soupeře (jak moc je reaktivní)

První turnaj

# Výsledky

TABLE 3  
Tournament Scores: Round One

Player	Other Players																Average Score
	TIT FOR TAT	TIDE AND CHIER	NYDEGGER	GROFMAN	SHUBIK	STEIN AND RAP	FRIEDMAN	DAVIS	GRAASKAMP	DOWNING	FELD	JOSS	TULLOCK	(Name Withheld)	RANDOM		
1. TIT FOR TAT (Anatol Rapoport)	600	595	600	600	600	595	600	600	597	597	280	225	279	359	441	504	
2. TIDEMAN & CHIERUZZI	600	596	600	601	600	596	600	600	310	601	271	213	291	455	573	500	
3. NYDEGGER	600	595	600	600	600	595	600	600	433	158	354	374	347	368	464	486	
4. GROFMAN	600	595	600	600	600	594	600	600	376	309	280	236	305	426	507	482	
5. SHUBIK	600	595	600	600	600	595	600	600	348	271	274	272	265	448	543	481	
6. STEIN & RAPOPORT	600	596	600	602	600	596	600	600	319	200	252	249	280	480	592	478	
7. FRIEDMAN	600	595	600	600	600	595	600	600	307	207	235	213	263	489	598	473	
8. DAVIS	600	595	600	600	600	595	600	600	307	194	238	247	253	450	598	472	
9. GRAASKAMP	597	305	462	375	348	314	302	302	588	625	268	238	274	466	548	401	
10. DOWNING	597	591	398	289	261	215	202	239	555	202	436	540	243	487	604	391	
11. FELD	285	272	426	286	297	255	235	239	274	704	246	236	272	420	467	328	
12. JOSS	230	214	409	237	286	254	213	252	244	634	236	224	273	390	469	304	
13. TULLOCK	284	287	415	293	318	271	243	229	278	193	271	260	273	416	478	301	
14. (Name Withheld)	362	231	397	273	230	149	133	173	187	133	317	366	345	413	526	282	
15. RANDOM	442	142	407	313	219	141	108	137	189	102	360	416	419	300	450	276	

# Shrnutí výsledků

- vyhrála strategie TFT
- celkově se lépe umístily „hodné“ strategie (nezradí jako první)
- v dané konkurenci, kdyby byly zaslány, by zvítězily jiné strategie, např. TF2T
- většina strategií byla variací na TFT, ale snažily se být „drsnější“, bylo však spíš potřeba být „měkčí“

# Druhý turnaj

- speciálně zaměřen na to, porazit TFT
- účastníci znali výsledky i analýzy prvního turnaje
- 63 strategií od amatérů i profesionálů z celého světa
- TFT stejně znova vyhrála
- složení strategií bylo o dost jiné než v prvním kole, ale hodné strategie opět dopadly lépe

# Příklady složitějších strategií z druhého turnaje

**TESTER** na začátku zkouší zradit, když se to nevyplatí, používá dál TFT, jinak občas pokračuje ve zradách (dokáže zneužít např. TF2T)

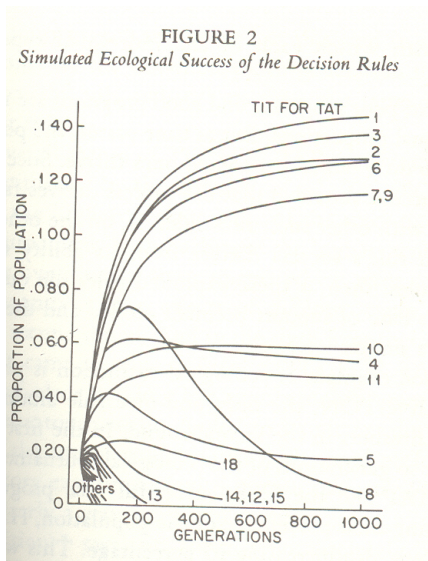
**TRANQUILIZER** na začátku spolupráce, po čase postupně zkouší čím dál víc zrad

# Zkuste si vlastní turnaj

- implementace turnaje od Svena Dražana:  
<http://physics.muni.cz/~svend/ntrophy/strategie.php>
- definice strategií přes jednoduchá textově zapsaná IF-THEN pravidla

# Ekologické rozšíření

- uvažujeme populaci strategií, ty spolu soupeří (klasický turnaj)
- dle výsledků se pak populace neúspěšných zmenší, populace úspěšných zvětší
- Axelrod takto udělal ekologický turnaj strategií zaslaných pro 2. turnaj
- opět vyhrála TFT





# Evoluční rozšíření

- otázka: jak moc byly výsledky turnajů ovlivněny tím, že **lidé očekávali** určité složení odeslaných strategií?
- **evoluční algoritmus**: začíná z náhodných, nejúspěšnější se množí, křížení, mutace
- strategie uvažující **poslední 3 tahy**
- strategie, které se vyvinou, připomínají charakteristiky TFT – tj. dominance principů, na kterých je TFT založena není způsobena lidskými očekáváním, kulturními hodnotami, ...
- podrobněji později

# Poznámky k výsledkům

- úspěch záleží na prostředí, tj. na ostatních strategiích
- **neexistuje „nejlepší“ strategie**
- TFT je však velmi **robustní** = funguje dobře v mnoha prostředích

# Rozšíření hry: rušení

malá možnost **chyby**: chci hrát určitý tah, ale **náhodným** vlivem prostředí zahraji jiný

Interpretace:

- špatná implementace záměru (letadlo omylem letí přes cizí území)
- špatné pochopení oponentova závěru

# Rušení: strategie

- klasické TFT** funguje špatně (dlouhé řetězce odvet kvůli nedorozumnění), dvě TFT proti sobě mají stejný průměrný zisk jak dva Random
- Pavlov** pokud jsi vyhrál – zůstaň u toho stejného, pokud jsi prohrál – změň
- velkorysý TFT** (generous) s malou pravděpodobností spolupracuje i tehdy, když oponent minulé kolo zradil
- kající TFT** (contrite) pokud můj tah byl vlivem chyby změněn na zradu, tak se další kolo „omluví“ bezpodmínečnou spoluprací; nejrobustnější strategie

# Rozšíření: v prostoru

- strategie rozmístíme v mřížce, každá soupeří se svými sousedy
- po každém kole každé políčko adoptuje strategii neúspěšnějšího souseda

[ demo NetLogo model ]

# „Nálepky“

- např. pohlaví, barva kůže
- mohou vést k sebe-utvrzujícím stereotypům
- příklad: Červení a Zelení, TFT v rámci skupiny, zrada k cizím; všichni na to doplácí, minorita víc
- podobně se může vyvinout sebe-utvrzující hierarchie

[ demo NetLogo model: Ethocentrism ]

# Pověst

- pověst = znalost o tom, jak se strategie chovala dříve
- může být výhodné, že pověst je obecně známá (např. pro TFT)
- nejvýhodnější je mít pověst „drsňáka“: nikdy nepromítí a občas si dovoluje
- takovou pověst je však těžké si získat

# Pověst: Válka ve Vietnamu

U.S. aims:

- 70 percent – To avoid humiliating U.S. defeat (to our reputation as a guarantor).
- 20 percent – To keep SVN (and adjacent) territory from Chinese hands.
- 10 percent – To permit the people of SVN to enjoy a better, freer way of life.



# Poučení pro hráče

- **nebuď závistivý**: uvědomit si, že toto není hra s nulovým součtem, to co je dobré pro soupeře může být dobré i pro mě, např. TFT nikdy nemůže získat víc než soupeř
- **bud' hodný**: nebuď ten první, kdo zradí; zrada má totiž odezvy a v konečném důsledku na to doplatíš sám
- **oplácej**: oplácej jak zradu, tak spolupráci, nenech se využít, ale současně odpouštěj
- **nebuď příliš chytrý** (Istivý, neprůhledný): když jsi „čitelný“ a předpovídatelný, tak to může být dobré, soupeř ví, co od tebe může čekat

# Poučení pro posílení spolupráce

- „stín budoucnosti“ je důležitý  
to, že se spolu hráči znovu utkají v budoucnosti je daleko důležitější než přátelství
- učit reciprocitu, odplatu i odpouštění, odplatu „zmírňující“, aby se zabránilo nekonečným řetězcům odplat
- zlepšovat rozpoznávací schopnosti: k vyvinutí kooperujícího vztahu je nutné poznat, že jsem hráče dříve potkal

# Vývoj norem

## Norma

Ve společnosti existuje norma, pokud jednotlivci většinou jednají jistým způsobem a jsou potrestáni, pokud tímto způsobem nejednají.

Pokus o vysvětlení vývoje norem pomocí evolučního modelu a simulace.

*An evolutionary approach to norms; R. Axelrod*

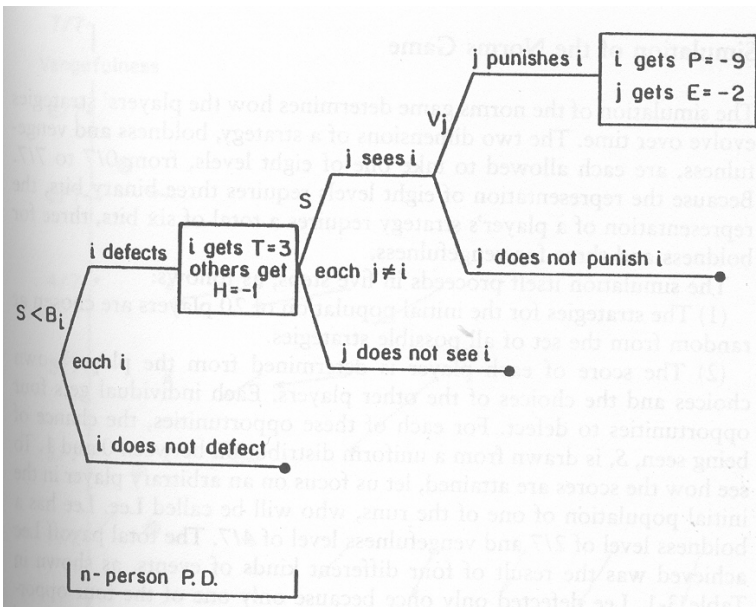
# Příklady norem

- společenské normy
- obecní pastvina, externality
- regulace zbrojení (chemické, biologické, jaderné zbraně)
- standardy (technické)
- otrokářství, kolonialismus

normy a zákony – nejednoznačný vztah, často norma předchází zákon

# Norms game

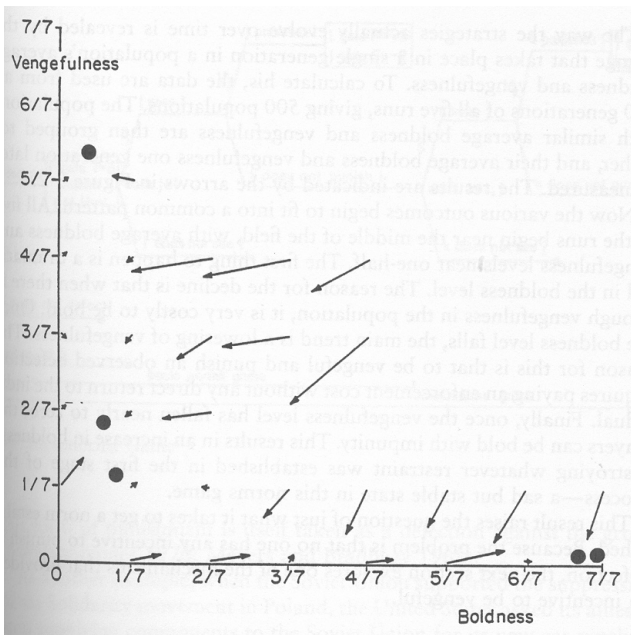
- základem je rozšířené dilemma vězně: každý hráč může podvádět, za což získá odměnu (3 body), ostatní tím přijdou ke ztrátě (-1 bod)
- s určitou pravděpodobností bude viděn a pak může být potrestán (-9 bodů pro něj, -2 pro toho kdo trestá)
- **odvaha** (boldness) - šance, že hráč bude podvádět
- **mstivost** (vengefulness) - šance, že hráč potrestá podvádění, když jej uvidí



# Norms game: simulace

- strategie = odvaha + mstivost, každé kódováno 3 bity (8 možností)
- 20 jedinců
- sehrají hru, do další generace se množí dle zisku bodů; mutace s malou pravděpodobností; 100 generací
- sehráno 5 her

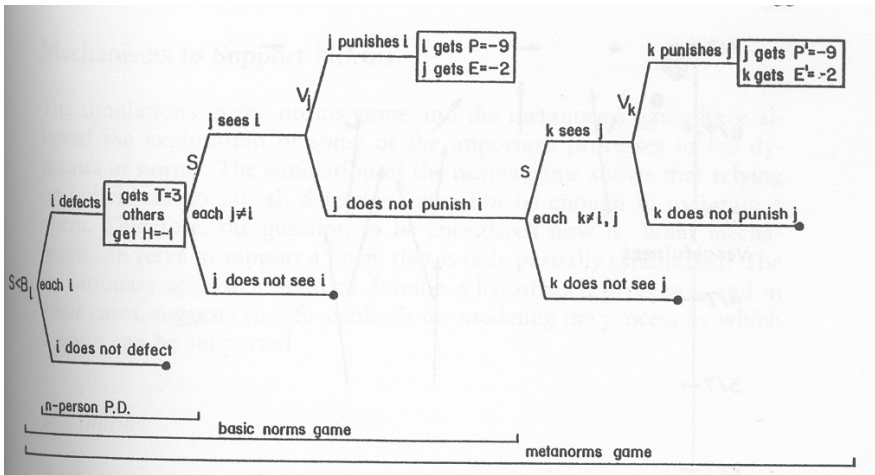
## Pravidla

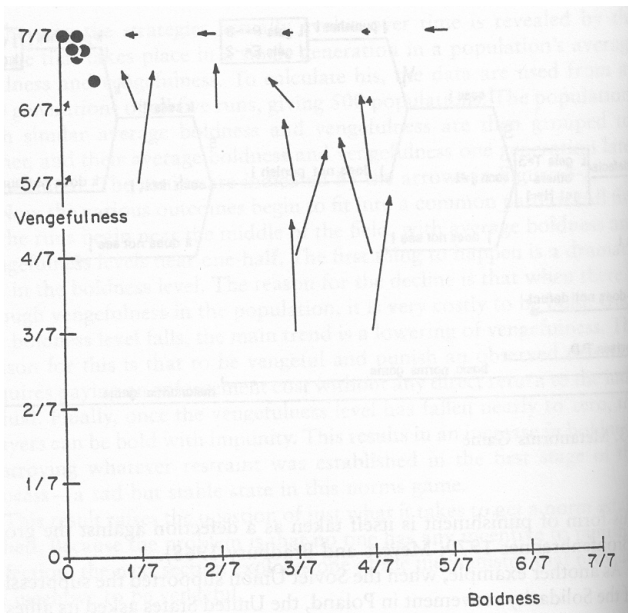




# Metanormy

- možnost potrestat někoho, kdo viděl a nepotrestal
- příklady:
  - otrokářství a bití těch, kdo se zastávali otroků
  - USA: nespolupráce se SSSR po zásahu proti Solidaritě, uvalení sankcí na společnosti, které nedodržovali nespolupráci





# Podpora norem

- dominance jedné skupiny, např. otrokářství  
model: dvě oddělené populace
- internalizace (vniřní změna hodnot, odměn)  
model: agentům se může měnit tabulka ohodnocení  
(individuálně)
- členství ve skupinách
- odstrašování, sociální tlak, zákony, reputace

# Altruismus

- jak se může vyvinout/udržet altruismus v evolučním prostředí?
- mnoho faktorů, ilustrace dvou z nich:
  - populační viskozita
  - příznivost prostředí

# Altruismus – buněčný automat

- dvojrozměrný model, v podstatě pravděpodobnostní buněčný automat
- každý agent používá jednu ze dvou strategií: altruistická, sobecká
- po každém kole se vybírá strategie na další kolo: losováním z přihlédnutím k úspěšnosti agentů v okolí
- možno ovlivňovat podmínky prostředí (nemoci, využitelnost)

# Altruismus: ohodnocení

- pro sobeckou buňku:  $1 + b \cdot N_A/5$ ,
- pro altruistickou buňku:  $1 - c + b \cdot N_A/5$ .
- $c$  = „cena altruismu“ (jak moc mě altruistické chování stojí)
- $b$  = „zisk z altruismu souseda“ (jak moc mi pomůže altruistické chování mého souseda)
- $N_A$  = počet altruistických buněk v okolí, včetně sebe samé

# Altruismus: analýza modelu

- za optimálních podmínek prostředí dominuje sobecká strategie
- za zhoršených podmínek prostředí dominuje altruistická strategie



# Krávy: popis modelu

- model s agenty: krávy žerou trávu
- různá rychlost dorůstání trávy dle délky
- sobecké krávy: sežerou všechnu trávu, co je k dispozici
- spolupracující krávy: vždycky trochu trávy nechají (aby rostla rychleji)

# Chování

- dle podmínek prostředí (rychlost růstu trávy, energie trávy, rychlost přesunu krav) vítězí buď sobecké či spolupracující
- „náročnější“ podmínky jsou výhodnější pro spolupracující krávy

# Shrnutí

## Otázky

Může se vyvinout spolupráce ve skupině soutěživých egoistických jedinců? Může být altruismus (evolučně) výhodný?

- modelové situace ilustrující dílčí principy
- realita pochopitelně komplikovanější