

Modulární systém dalšího vzdělávání pedagogických pracovníků JmK

v přírodních vědách a informatice

CZ.1.07/1.3.10/02.0024

SBÍRKA AKTIVIT

NA POROZUMĚNÍ KOMPLEXNÍM SYSTÉMŮM



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ÚVOD

Lidé používají každý den řadu praktických modelů (model toho jak funguje auto, klika u dveří, pračka). Těmto modelům zpravidla rozumí dobře a umí předvídat jejich chování. Pokud však předpovídat například sociologické anebo biologické jevům každodenní modely jim nepostačí. Tato sbírka předkládá sérii aktivit, které napomohou zažít si pojmy pro konstrukci složitějších modelů jako jsou decentralizace, emergence či agentový přístup. Úlohy jsou uváděny nezávisle na sobě a lze z nich libovolně vybírat. Minimální počet účastníků pro většinu aktivit je 15 – 20.

SYNCHRONIZACE

Čas: 15 minut

Cílem těchto aktivit je porozumět lépe jevům, při kterých dochází k decentralizované synchronizaci (tedy bez jasného vedoucího).

SYNCHRONIZOVANÁ CHŮZE

Účastníkům představíme 5 rychlostí chůze od pomalé po velice rychlou. Následně s nimi všech 5 rychlostí vyzkoušíme - organizátor říká čísla nahlas a účastníci chodí na omezeném prostoru danou rychlostí. Poté zadáme účastníkům úkol: „Projděte stupnici rychlosti ve směru 1,2,3,4,5 a zpátky 5,4,3,2,1. Přitom však nesmíte mluvit a můžete se tak řídit tedy pouze tím, co vidíte.“. Úkol zopakujeme dvakrát, třikrát, než ho účastníci zvládnou splnit plynule.

SYNCHRONIZOVANÉ DŘEPY

Úkolem účastníků je se co nejrychleji se synchronizovat v dělení dřepů. Při aktivitě je opět zakázáno mluvit. Aktivitu ukončí organizátor v okamžiku, kdy všichni dělají dřepy synchronizovaně. Zpravidla k tomu dochází velice rychle i ve velké skupině.

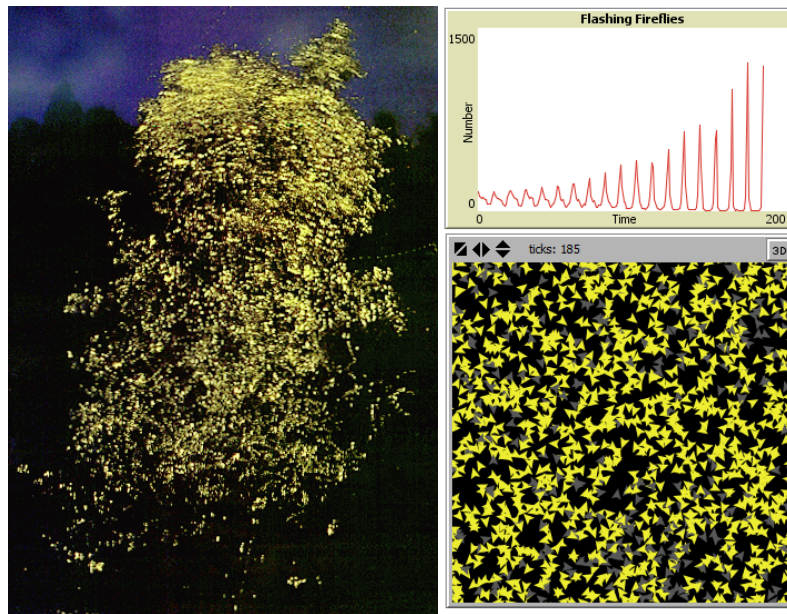
SYNCHRONIZOVANÉ TLESKÁNÍ

Úkolem studentů je začít tleskat ve stejném rytmu. Účastníci nesmí mluvit (není například možné určovat hlasem tempo) a mohou mít také zavřené oči. Organizátor nesmí odstartovat aktivitu jasným signálem (byl by náповědou pro start tleskání). Může například říci, ať účastníci začnou tleskat za 5 sekund od vyhlášeného signálu. Několikrát zopakujeme a sledujeme dobu potřebnou pro synchronizaci.

SPOLEČNÝ KOMENTÁŘ

Aktivity ukazují, jak je možné dosáhnout globálního chování skupiny (stejný rytmus tleskání, stejný rytmus dřepů, stejné tempo chůze) bez potřeby vedoucího. Jedinci se přizpůsobují svému okolí a takto se mezi ně rozšíří společný rytmus.

V přírodě je tento jev možné pozorovat například u blikání australských světlušek nebo cvrlikání cikád. Ve společnosti můžeme podobnou synchronizaci vidět například v divadle (synchronizace tleskání) anebo při pohybu po ulici (synchronizace rychlosti).



Obrázek: synchronizované světlušky na Filipínách a simulace v Netlogu

DALŠÍ INFORMACE

- Model blikajících světlušek nalezneme také v Netlogu (sekce Biology > fireflies). Pro nižší hodnotu cycle length (délka cyklu) dojde k rychlejší synchronizaci světlušek.
- Kniha: Sync: The Emerging Science of Spontaneous Order
- Video na youtube: <http://www.youtube.com/watch?v=sROKYelaWbo>

PROSTŘEDÍ A STRATEGIE

Čas: 60 minut

Následující aktivity ukazují, jak zásadní má vliv prostředí na zvolené strategie jedinců. Přestože výsledný cíl je ve všech aktivitách stejný (rozdělit se do skupin podle čísel), strategie zvolená účastníky se bude dramaticky proměňovat. Po odehrání aktivit doporučujeme účastníkům položit krátkou zpětnou vazbou:

- Co jste při aktivitě zažili / pozorovali?
- Jakou strategii jste zvolili? Proč právě tuto?

ROZLOSOVÁNÍ

Nalepte účastníkům na čelo barevné papírky (je důležité, aby nikdo neviděl, jakou barvu má na čele). Úkolem účastníků je vytvořit skupinky stejných barev. Nesmí přitom však mluvit.

ČÍSLA SE ZRAKEM A MLUVENÍM

Každému účastníkovi řekneme, aby si vybral číslo od 1 do 6 a napsal jej na papírek (nalepovací post-it). Poté účastníky požádáme, aby se rozdělili do skupin podle čísel (záměrně neřekneme, jak to mají učinit). Očekáváme, že tahouni začnou vykřikovat své číslo a skupiny se velice rychle rozdělí.

Často jsou skupiny velice nerovnoměrné ve své velikosti (například mnoho jedniček, málo čtyřek) a účastníci jsou tímto pozorováním překvapeni. Diskutujte s nimi důvody nerovnoměrnosti tohoto rozložení a souvislost s náhodou.

ČÍSLA SE ZRAKEM, ALE BEZ MLUVENÍ

Každý účastník napíše opět na papírek náhodné číslo. Účastníky opět vyzveme, aby zformovali skupinky stejných čísel. Tentokrát jim však zakážeme mluvit. Jediný způsob jak mohou účastníci komunikovat je ukázáním si svých papírků navzájem.

Při tomto omezení se skupiny zformují pomaleji. Jelikož je pro účastníky náročné centrálně zavelet (zakřičet své číslo), vyvinou si nové strategie. Jakmile najdou účastníka se stejným číslem, mají tendenci utvořit skupinu a zůstat pohromadě. Některé se společně pohybují, jiné zůstanou na místě s očekáváním, že je ostatní naleznou. Někdy může skupina vyslat průzkumníka, který přivede další členy skupiny, ale vzhledem k omezenosti mluvení, je pro skupinu náročné zkoordinovat takovou aktivitu.

Někdy tato aktivita nevede k vytvoření šesti skupin, ale více skupin, které čekají, až je najdou jejich členové. Tato chyba je způsobena ustrnutím v lokálním optimu (lidem se zdá, že v blízkém okolí jiná skupina s jejich číslem není a ta jejich je tedy jediná možná).

Komunikační technika je velmi rozdílná od první aktivity, kde měli účastníci k dispozici komunikační nástroj s globálním dopadem – svůj hlas. Nyní mají k dispozici pouze nástroj lokální působnosti –svoje kartičky s dopadem „na dohled“.

ČÍSLA BEZ ZRAKU A S ŠEPTÁNÍM

Každý účastník napíše nové, náhodné číslo na svůj post-it. Opět vyzveme účastníky, aby zformovali skupinky stejných čísel. Tentokrát jim však zavážeme oči a pro komunikaci jim povolíme pouze šeptat. Vybereme také několik účastníků, kteří budou fungovat jako pozorovatelé a bránit ostatním, aby do něčeho nenarazili či si jinak neublížili.

Při tomto omezení se skupiny zformují ještě pomaleji. Jakmile účastníci najdou někoho se stejným číslem, utvoří pevně svázanou skupinu (mnohdy se chytí za ruce), aby se ujistili, že neztratí spojení se svým druhem. Zárodky skupinek se navíc mohou snažit vytvořit lidského hada, který sonduje po dalších členech skupiny.

Při této aktivitě se účastníci častokrát smějí. Smích zdá se odrážet kombinaci nervozity, úzkosti a nadšení. Pro mnoho lidí je stresující mít zavázané oči a neví, jakou strategii mají zvolit. Ale je zde rovněž nadšení z nového typu situace a používání jiných senzorů pro komunikaci s ostatními.

Interakce při této aktivitě jsou ještě více lokální, než při té předchozí. Při ní mohli účastníci využívat zrak k zmapování situace, kde se lidé shlukují. Tato informace je nyní lidem odepřena. Všechny informace, které k nim přichází, přichází pouze z velmi blízké vzdálenosti.

Jelikož je pro účastníky náročné stát se vedoucím, vyvinou si nové strategie. Jakmile najdou účastníka se stejným číslem, mají tendenci utvořit skupinu a zůstat pohromadě. Některé se společně pohybují, jiné zůstanou na místě s očekáváním, že je ostatní naleznou. Někdy může skupina vyslat průzkumníka, který přivede další členy skupiny, ale vzhledem k omezení na mluvení, je pro skupinu náročné zkoordinovat takovou aktivitu.

Aktivita vede mnohdy k více než šesti skupinám. Podobně jako v předchozím případě dvě skupiny se stejným číslem mohou přestat pátrat po svých družích a ustálit se na lokálním optimu. Přesto však většina skupin zpravidla zformuje jedinou skupinu s daným číslem.

Skupiny častokrát vytváří inovativní strategie k nalezení svých druhů. Například skupina může vytvořit řetízek, aby pokryla větší území okolo sebe. Mnohdy se tato strategie objeví přirozeně – člověk na konci skupiny se začne pohybovat v jednom směru, zatímco jiný člen v opačném směru. Jakmile lidé ve skupině vycítí, že jsou taženi, rozpoznají možnosti nové strategie.

Jinou strategií může být synchronizované šeptání čísla skupiny, které vede k zesílení šeptané informace.

SPOLEČNÝ KOMENTÁŘ

Ve všech aktivitách mají účastníci stejný úkol (rozřazení do skupin), pokaždé však v jiném prostředí. To vede k vyvíjení jiných strategií. Všechny problémy řeší účastníci bez předchozí domluvy, decentralizovaně.

Mezi aktivitami můžeme vyzorovat rozdíl mezi póly:

- Globální znalost (volání a zrak) > lokální znalost (šeptání a slepota)
- Centralizace (volající tahouni) > decentralizace (každý za sebe u šeptání)

S účastníky diskutujeme paralely s živou přírodou a strategiemi různých společenství živočichů. Uvedeme několik příkladů.

Mikroorganismy a potrava

Mikroorganismy tvořené sadou spolupracujících buněk volí „řetězovou strategii“ pro průzkum svého okolí za potravou (nedisponují zrakem). Podobné útvary se vyvinuli v naší poslední aktivitě.

Svolávání zvířat

Mnoho zvířat se svolává za pomoci hlasitých zvuků (zpěv ptáků, štěkání srnců, vytí vlků). Toto se podobá naší první aktivitě.

Mravenci

Mravenci spolu komunikují pomocí vypouštění feromonů, které zanechávají stopu na podloží

a slouží. Komunikační jazyk mravenců je bohatý a může sloužit například k navedení ostatních mravenců za potravou.



Obrázek: růst bakterií na Petriho misce a komunikace mezi mravenci

DALŠÍ INFORMACE

- Diving into complexity: <http://web.media.mit.edu/~mres/papers/starpeople-final.pdf>
- Model mravenců v Netlogu (sekce Biology > Ants)
- Model hejna v Netlogu (sekce Biology > Flocking)

ADAPTACE NA PROSTŘEDÍ

Čas: 25 minut

Příprava: barevné papírky

Cílem aktivity je představit účastníkům princip přirozeného výběru a adaptace na prostředí.

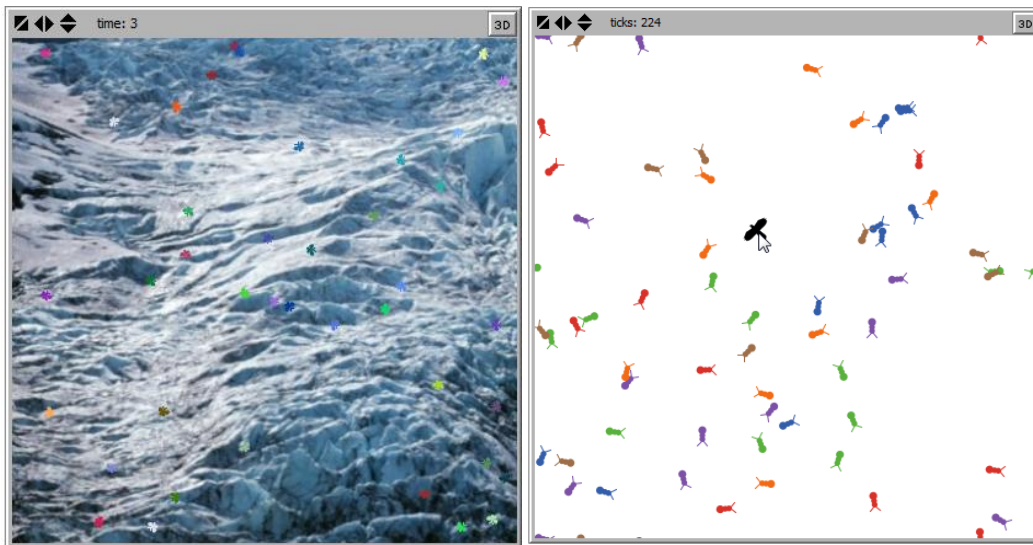
Účastníky rozdělíme na dvě skupiny, jedna jsou zástupci predátorů a druzí zástupci kořisti. Kořist může nabývat různých barev – každému příslušníkovi kořisti dáme 10 lístečků vybrané barvy. Jejich úkolem je umístit papírky tak, aby byly dobře vidět z celé místnosti. Zároveň je však jejich cílem maximalizovat počet svých lístečků na konci pátého kola. Pro větší přehlednost bodů si každý svůj papírek označí libovolným symbolem z druhé strany. Úkol predátorů je opačný – pochyťat co nejvíce lístečků kořisti. Vítězem hry je ten, kdo má nejvíce lístečků.

Hra se hraje pět kol. Na začátku kola rozmístí zástupci kořisti všechny své lístečky po místnosti. Poté jsou vpuštěni predátoři do místnosti a mají 30 vteřin, aby pochyťali co nejvíce kořisti. Poté nastává období páření, kdy se vynásobí počet nechycených lístečků faktorem 1.5. Tyto nové lístečky rozdává kořisti organizátor. Zástupci kořisti nové lístečky opět rozmístí a hra pokračuje. Takto sehraje několik kol a na konci sečteme výsledné stavy kořisti a porovnáme s výchozím stavem.

KOMENTÁŘ

Hra ukazuje princip přirozeného výběru. Nejdříve jsou vycytáni nejméně přizpůsobení jedinci (s nejkřiklavější barvou), naopak jedinci s vhodnou barvou úspěšně přežívají a množí se. Tento jev vede k přirozenému výběru těch nejlépe adaptovaných. Zároveň však také vede k zajímavému paradoxu, kdy si predátor sám „škodí“ tím, že si vybíjí nejdostupnější kořist a tím přispívá k lepší adaptaci své kořisti na prostředí.

Podobný jev můžeme ukázat například na lvech a antilopách, kdy lev pochyťá nejprve nejpomalejší antilopy. V další generaci se tedy množí pouze rychlejší antilopy a nová generace tak bude v průměru o něco málo rychlejší než ta předchozí. To zpětně vytváří tlak na populaci predátora, jejíž pomalejší jedinci nemají co žrát a vymírají.



Obrázek: ukázka modelu adaptace na prostředí v Netlogu

DALŠÍ INFORMACE

- Model, který ilustruje zmíněnou aktivitu nalezneme v Netlogu (**sekce Biology > Evolution > Bug Hunt Camouflage**)
- Model založený na rychlosti kořisti nalezneme také v Netlogu (**Biology > Evolution > Bug Hunt Speed**).

GENETICKÝ DRIFT

Čas: 30 minut

Příprava: papírek pro každého s místem, kam může psát

Cílem aktivity je vysvětlit účastníkům princip genetického driftu.

Hráčům rozdáme papírky velikosti A6 s číslem a tužku a vysvětlíme pravidla hry:

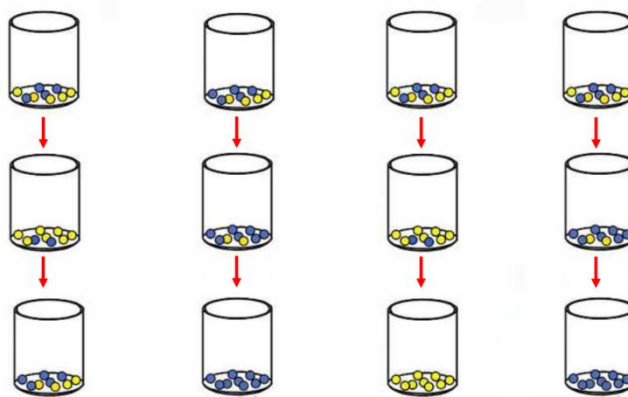
- Každý z vás obdržel papírek s číslem.

- Až zazní signál, najděte si partnera a sehrejte s ním jednou kámen nůžky papír teď.
- Vítěz prosadí své číslo druhému na papírek.
- Počkejte opět na signál a poté sehrejte další hru s jiným hráčem.

Na začátku hry rozdáme účastníkům s papírky s čísly 1-6. Pohlídáme, aby všech čísel bylo ve hře stejně. Po 10ti kolech vyhodnotíme frekvenci a počet čísel v oběhu.

KOMENTÁŘ

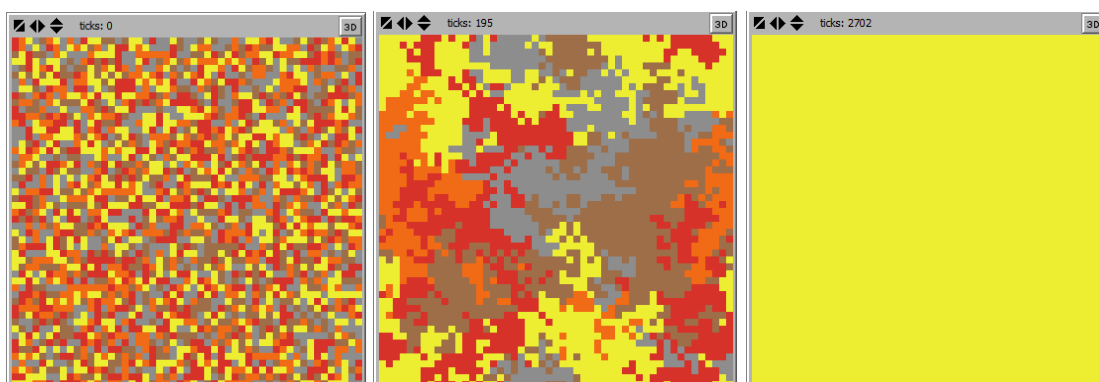
Typicky dojde k dominanci jednoho nebo dvou čísel a tedy k vytěsnění variability. Pozorovaný jev se nazývá genetický drift a je obzvláště patrný v malé populaci jedinců anebo ve dlouhém časovém období u populací větších. Popisuje situaci, kdy dochází k „monopolizaci“ určité pro přežití nedůležité vlastnosti a to čistě díky působení náhody.

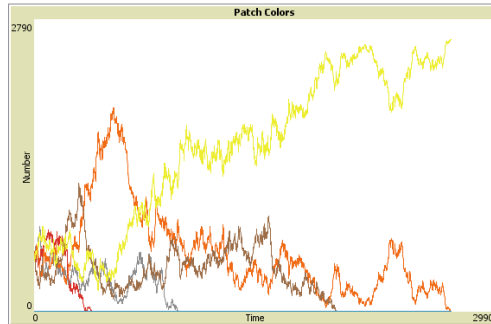


Obrázek: ukázka genetického driftu na dvou barevných kuličkách. V každém kole dojde k náhodnému přebarvení podle zastoupení existujících barev.

Odchylka od očekávaného poměru vlivem omezené velikosti vzorku je známá jako vzorkovací chyba. Vede k posunu oproti původnímu stavu a směr této změny díky její náhodnosti nelze předvídat. Důsledkem genetického driftu je:

- náhodná změna (zastoupení alel se mění náhodným nepředvídatelným směrem)
- uniformita v rámci populací (genetická variabilita v každé subpopulaci klesá)
- diferenciací mezi populacemi (drift mezi populacemi vede k nárůstu jejich odlišnosti)





Obrázky: genický drift, rozložení 5 vlastností na začátku, uprostřed a na konci simulace.

DALŠÍ INFORMACE

- Model popisující genický drift je dostupný v Netlogu (**sekce Biology > Evolution > Genetic drift**)
- Prezentace: Náhodný genický posun; genický drift.
http://kgn.umbr.cas.cz/prednasky/240%20Genetika/Lekce9_GI.pdf

POHYB STÁDA A HEJNA

Čas: 20 minut

Příprava: papírek s instrukcemi pro každého, volný prostor

Každý účastník obdrží papírek s jednoduchými instrukcemi, které však nikomu neukazuje:

Po zaznění signálu se řiďte následujícími instrukcemi.

- Přejděte do chůze
- Udržujte od ostatních vzdálenost přibližně 1 až 1.5 metru, ne blíže, ne dál
- Rychlost a směr chůze sladte podle nejbližších sousedů před vámi

Po přečtení pravidel poprosíme účastníky, aby se rozmístili po prostoru (vhodný je otevřenější terén, který však obsahuje také některé překážky) a aktivitu odstartujeme (účastníkům řeknem, aby se pohybovali dle instrukcí. Po skončení se účastníků zeptáme:

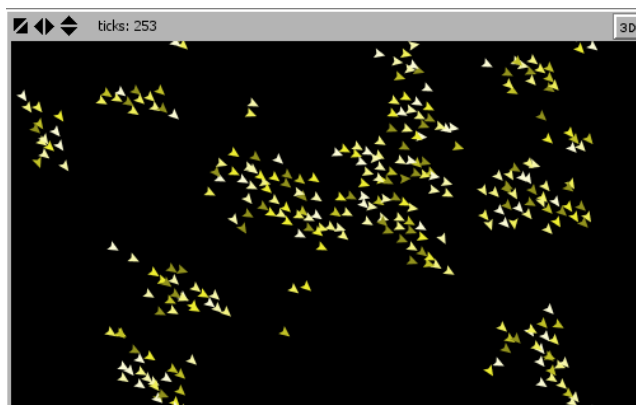
- Co si myslíte, že měli napsáno ostatní účastníci?
- Čeho jste jako celek dosáhli?



Obrázek: ukázky pohybu hejna ptáků po obloze

KOMENTÁŘ

Aktivita ilustruje jednoduchý model pohybu hejna a stád (zvěř, hejna ryb, hejna ptáků). Přestože ve skupině není žádný vedoucí a všichni se řídí stejnými, intuitivními pravidly, jsou jako skupina schopni vykonávat řadu operací jako udržovat hejno při pohybu pohromadě, vyhýbat se překážkám nebo bránit se efektivně predátorům. Kromě pohybu hejna zvířata se jako aplikace podobných strategií využívá například v modelování davů.



Obrázek: ukázka modelu ptačího hejna (Netlogo)

DALŠÍ INFORMACE

- Model který ilustruje tento efekt na větším vzorku a s nastavitelnými parametry je k nalezení v Netlogu (sekce Biology > flocking).
- Simulace davů pomocí modelu hejna <http://www.youtube.com/watch?v=e0SIezN-0UU>

SHROMÁŽDĚNÍ A REVOLUCE

Čas: 20 minut

Příprava: 3 sady papírků s čísly

Účastníkům rozdáme kartičky s čísly (od 1 do 10) a poprosíme je, aby se posadili a své číslo nikomu neukazovali. Poté organizátor přečte krátkou motivaci:

V naší zemi došlo k nečekané situaci, kdy při pokojné demonstraci studentů stát represivně zasáhl, mnoho studentů zatkl a fyzicky napadl. Národ je zděšen zvažují své další kroky. Každý z vás nyní prezentuje jednoho občana, který se rozhoduje, zda vyjádří svůj nesouhlas tím, že vyjde do ulic demonstrovat proti režimu. Protože každý občan je zároveň opatrný, máte na papírku napsán práh velikosti shromáždění, od kterého jste již ochotni se do shromáždění přihlásit. Svou účast na shromáždění vyjádřete tím, že si stoupne. Prosím, přihlašte se do shromáždění ihned, je-li váš práh dosažen.

Poté organizátor oznámí, že podle jeho sociologického průzkumu je před vypuknutím shromáždění hlášen průměrný práh občanů je hlášen na 3. a odstartuje shromáždění cinknutím

klíčů. Jakmile se již nikdo nepřidává, oznámí ukončení shromáždění a návrat do domů (účastníci si sednou). Rozdaná čísla jsou tato:

0, 0, 1, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4,

V druhém kole rozdává organizátor nové lístečky a oznámí, že tentokrát průměrný práh shromáždění je 7 a odstartuje shromáždění. Jakmile se již nikdo nepřidává shromáždění uzavře.

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 11, 11, 11, 11, 11,

Následuje krátká diskuse, při které se ptá organizátor účastníků, proč si myslí, že v prvním případě nedošlo k řetězové reakci a v druhém ano.

KOMENTÁŘ

Model, který si účastníci vyzkoušeli je tzv. Granovetterův model a ukazuje nám, které faktory mohou hrát roli při samoorganizaci shromáždění. Vidíme dva důležité faktory – celková nespokojenost (průměrná výše prahu) a také různorodost prahů mezi lidmi. Pokud je společnost silně nespokojená, ale chybí iniciátoři shromáždění k žádné demonstraci nedojde. S účastníky můžeme diskutovat možnou (ne)zjistitelnost výše prahů mezi lidmi ve společnosti a s ní spojenou obtížnou predikcí revolucí a dalších nepokojů (například pád Berlínské zdi, Arabské jaro, Sametová revoluce).



Obrázek: Arabské jaro 2011 a pád Berlínské zdi

SEGREGACE VE SPOLEČNOSTI

Čas: 30 minut

Na zemi připravíme čtvercovou síť 6x6. Rozměr hracího plánu upravíme tak, aby při postavení účastníků byl plánek zaplněn přibližně z 80%. Místo velké mřížky můžeme také použít nakreslenou mřížku na papíře a každý účastník obsluhuje N barevných figurek (N upravíme podle počtu hrajících).

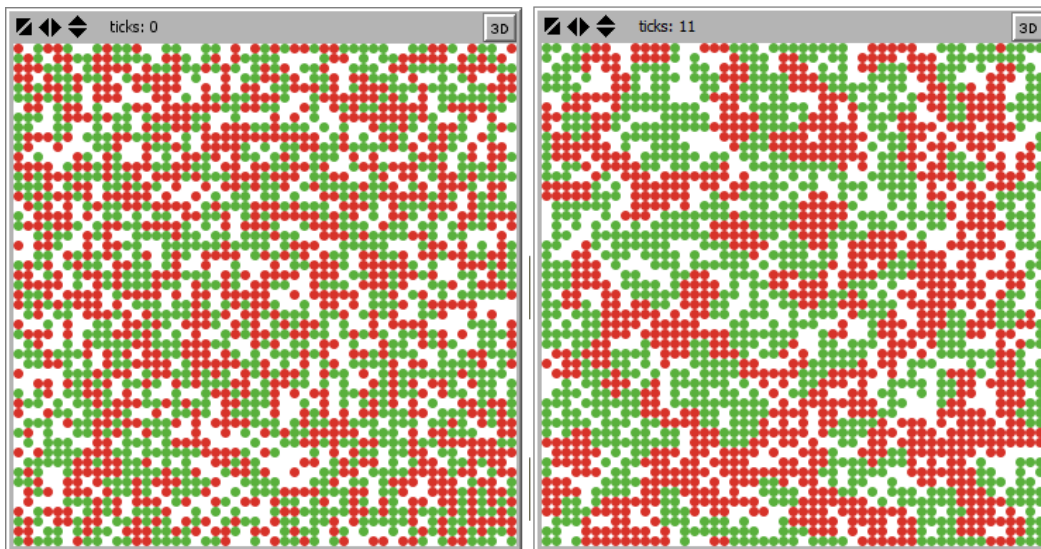
Účastníkům rozdáme barevné papírky (žluté a červené), které si připevní viditelně na tričko. Účastníci se náhodně rozmístí po plánu a poté hru odstartujeme. Hra probíhá kolově a organizátor každé kolo ohlašuje. V rámci kola každý účastník postupně vyhodnotí, zda je

motivován se přesunout, či nikoliv a podle toho se přesune na novou pozici, případně zůstane na místě.

Výpočet motivace pro přesunutí:

- podívejte se na svých 8 sousedů (počítá se také diagonálně)
- pokud mezi nimi jsou alespoň 3 lidé stejné barvy, jakou máte vy, zůstaňte na místě
- pokud mezi nimi nejsou 3 lidé stejné barvy, jakou máte vy, přesuňte se na jiné neobsazené políčko

Hru opakujeme tak dlouho, dokud má ještě některý člen motivaci se přesunout. Poté poprosíme účastníky, aby sundali svůj papírek a položili jej do svého políčka.

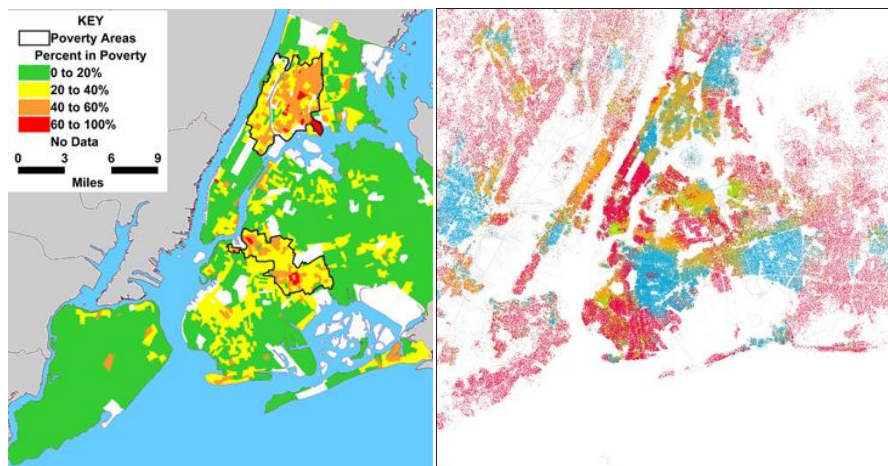


Obrázek: ukázka modelu Netlogo, procento stejných sousedů 35%, před a po simulaci

KOMENTÁŘ

Hra ukazuje v malém měřítku princip segregace. Jedinci, přestože velice tolerantní (stačí 3 stejní sousedé) přirozeným způsobem vytvoří poměrně homogenní barevné oblasti (žluté a červené) a jejich reálné počet stejně barevných sousedů vzroste výrazně.

Tímto efektem je možné vysvětlit například rasovou segregaci při osidlování měst, případně segregaci podle výše bohatství, kdy vznikají čtvrtě ve městech s obyvateli téhož etnika, případnými podobnými obyvateli co se týče výše příjmů.



Obrázek: ukázka segregace podle bohatství a etnické segregace podle rasy v New Yorku.

DALŠÍ INFORMACE

- Model pro větší množství agentů je dostupný v programu Netlogo (**sekce Social Science > segregation**).
- Kniha *Micromotives and Macrobehaviour* (Thomas S. Schelling)
- The 22 Most Segregated Cities in America <http://www.businessinsider.com/most-segregated-cities-in-america-2011-3?op=1>