

Standing ovation

case study z predmetu Evolučné algoritmy

Martin Komara
martin.komara@gmail.com

Jún 2006

Abstrakt

Komplexné adaptívne systémy predstavujú samostatnú kategóriu multiagentových systémov, ktoré sa vyznačujú vlastnosťami ako samoorganizácia, komplexnosť a emergentnosť. Príkladom emergentnej vlastnosti komplexného adaptívneho systému sú aj ovácie v publiku. Táto práca si kladie za cieľ vytvoriť model ovácií a overiť jeho správanie pre rôzne vlastnosti agentov.

1 Standing ovation problem

K príkladom emergentného správania, ktorým sa vyznačujú komplexné adaptívne systémy, patria aj ovácie. V nasledujúcom texte sa pokúsime popísať jednoduchý model, ktorý umožní simulovať vznik a šírenie ovácií v publiku.

1.1 Zadanie

Predpokladajte nasledujúcu situáciu: Agenti sedia v auditóriu a počúvajú skvelú prednášku z ekonómie. Po skončení vystúpenia, keď uschnú všetky slzy, začne potlesk, ktorý možno prerastie do ovácií.

Modelujte ľubovoľnými technikami postup ovácií.

- Vyjadrite model v explicitnom tvare.
- Zosumarizujte dosiahnuté výsledky.
- Navrhните niektoré potenciálne zaujímavé smery, ako by sa dal model rozšíriť.

Poukážte na niektoré udalosti v prírode, ktoré by bolo možné modelovať takýmto procesom.

1.2 Model šírenia epidémie

Model šírenia ovácií bol vytvorený podľa modelu šírenia epidémie. V takomto modeli sa agenti, ktorí sú uložení v pravouhlej mriežke, môžu nachádzať v jednom zo stavov *zdravý*, *nakazený* alebo *imúnny*.

Agent sa môže nakaziť od agenta, s ktorým bezprostredne susedí. Množinu susedov označme budeme označovať ako okolie O . V prípade, že je nakazených viac ako jeden sused, môže sa nakaziť od ktoréhokoľvek z nich. Vzhľadom na to, že nákaza od jedného suseda nevyklučuje nákazu od druhého, nejedná sa o nezávislé udalosti, preto pravdepodobnosť p nákazy od niekoľkých susedov nie je jednoducho suma pravdepodobností nákazy od jednotlivých susedov.

Pravdepodobnosť nákazy agenta je opačná k pravdepodobnosti z , že agent ostane zdravý, preto $p = 1 - z$. Aby agent ostal zdravý, nesmie sa nakaziť od žiadneho suseda, preto $z = z_1 z_2 \dots z_n$, kde z_i je pravdepodobnosť, že sa agent nenakazí od i -teho agenta. Táto je opačná k pravdepodobnosti, že sa agent nakazí, teda $z_i = 1 - p_i$. Potom je pravdepodobnosť nákazy $p = 1 - \prod_{i \in O} (1 - p_i)$. Ak je k nakazených susedov a pravdepodobnosť nákazy je $p_i = c$, ak je agent i nakazený resp. $p_i = 0$ inak, je celková pravdepodobnosť nákazy

$$p = 1 - (1 - c)^k \quad (1)$$

V každom kroku simulácie zistí agent počet nakazených susedov a je následne nakazený s pravdepodobnosťou podľa (1). Následne sa podieľa na šírení epidémie k svojim susedom. Po určitom stanovenom počte krokov m agent vyzdravie¹ a stane sa imúnnym, nepodieľa sa na šírení epidémie a ani nemôže ochoriť, nakoľko už má vytvorené protilátky.

1.3 Model ovácií

Model šírenia epidémie sa stal základom pre model ovácií. Podobne ako pri predchádzajúcom modeli sú agenti umiestnení v pravouhlej mriežke a môžu *sedieť*, *stáť* alebo *odísť*.

Všetci agenti počas prednášky sedia a na jej konci ju ohodnotia podľa jej kvality. Označme množinu všetkých agentov A . Každý agent $a \in A$ hodnotí kvalitu prednášky subjektívne pomocou funkcie $Q : A \rightarrow \mathbb{R}$. Ak $D(a)$ prekročí istú prahovú hodnotu t , agent sa postaví.

Agent, ktorý sedí, sleduje svoje okolie. Ak je tlak okolia príliš veľký, napr. všetci jeho susedia stoja, postaví sa aj on a to i napriek tomu, že sa mu prednáška nezdala byť dostatočne kvalitná. Miera, do akej je agent ovplyvnený okolím sa vypočíta podľa (1). Ak je miera jeho ovplyvnenia vyššia ako rozdiel $t - Q(a)$ medzi prahom a ohodnotením kvality prednášky, agent sa postaví. Pri svojom rozhodovaní sa teda agent riadi funkciou

$$\Omega(a) = \text{sign}([1 - (1 - C(a))^k] + Q(a) - t) \quad (2)$$

¹ Alebo umrie, model to neovplyvní, aj keď agent iste preferuje prvú možnosť.

```

StandingOvation( $A, Q, threshold, O, C, T$ )
begin
     $Sitting := A$ 
     $Standing := \emptyset$ 
     $Left := \emptyset$ 

    repeat
        for  $\forall a \in Standing$ 
        begin
             $TimeToLeave(a) := TimeToLeave(a) - 1$ 
            if  $TimeToLeave(a) = 0$ 
            begin
                 $Standing := Standing \setminus \{a\}$ 
                 $Left := Left \cup \{a\}$ 
            end
        end
        for  $\forall a \in Sitting$ 
        begin
             $k = |O(a) \cap Standing|$ 
            if  $sign([1 - (1 - C(a))^k] + Q(a) - threshold) = 1$ 
            begin
                 $Sitting := Sitting \setminus \{a\}$ 
                 $Standing := Standing \cup \{a\}$ 
                 $TimeToLeave(a) := T(a)$ 
            end
        end
    until ( $Standing = \emptyset$ )
end

```

Tabuľka 1: Pseudokód modelu ovácií

Ak $\Omega(a) = 1$, agent sa postaví, inak ostane sedieť. Funkcia $C(a)$ udáva, do akej miery je agent ovplyvniteľný okolím. Ak $C(a) = 0$, nezávisí rozhodnutie od okolia agenta, iba od ohodnotenia kvality prednášky.

Agent, ktorý sa postavil, stojí určitý čas $T(a)$, potom odíde z auditória a ďalej už svoje okolie neovplyvňuje. Toto správanie je priamo odvodené z modelu šírenia epidémie, kde doba $T(a)$ zodpovedá dobe ochorenia agenta.

1.4 Pseudokód modelu

Model ovácií môže byť zhrnutý do pseudokódu v tabuľke 1 na strane 3. Jednotlivé parametre majú nasledovný význam:

- A – množina agentov.

- Q – funkcia $Q : A \rightarrow \mathbb{R}$, ktorá ohodnotí kvalitu prednášky pre daného agenta.
- *threshold* – prah, ktorý musí kvalita prekročiť, aby sa agent postavil.
- O – okolie agenta, t.j. funkcia $O : A \rightarrow 2^A$, ktorá danému agentovi priradí množinu jeho susedov.
- C – funkcia $C : A \rightarrow \langle 0, 1 \rangle$, ktorá danému agentovi priradí mieru, do akej je agent ovplyvnený okolím.
- T – funkcia $T : A \rightarrow \mathbb{R}$ určuje, ako dlho má agent stáť.

1.5 Implementácia modelu

Model bol implementovaný pomocou simulačného frameworku RepastJ 3.0 [1] v programovacom jazyku Java.

Ako prostredie pre agentov je použitá dvojrozmerná mriežka. Množinu agentov A potom tvoria všetci agenti nachádzajúci sa na danej mriežke.

Funkcia Q , ktorá ohodnocuje kvalitu prednášky je realizovaná ako $Q(a) = N(\mu, \delta)$, t.j. ide o náhodnú hodnotu s normálnym rozdelením s parametrami μ a δ . Parameter μ možno chápať ako objektívnu kvalitu prednášky, parameter δ zas určuje, ako budú jednotlivé hodnoty vzdialené od tejto objektívnej hodnoty.

Okolie agenta O je moorove okolie, t.j. okolie agenta tvoria všetci agenti, ktorí sa nachádzajú bezprostredne pri agentovi. Ak sa agent nenachádza pri okraji, je v jeho okolí 8 agentov.

Funkcie C a T sú realizované ako konštantné funkcie, ktorých hodnota sa dá nastaviť ako parameter modelu.

Zdrojové kódy sú tvorené nasledovnými triedami:

- `mk.school.ea.StandingOvation.Model` – model simulácie, zabezpečuje vytváranie agentov a riadenie simulácie.
- `mk.school.ea.StandingOvation.Agent` – agent, počas behu simulácie sleduje svoje okolie a mení svoj stav vzhľadom na vývoj simulácie. Je tiež zodpovedný za svoje zobrazovanie na mriežke agentov.
- `mk.school.ea.StandingOvation.Neighborhoods.Neighborhood` – reprezentuje okolie agenta. Jedná sa o abstraktnú triedu, z ktorej dedia všetky implementácie okolí.
- `mk.school.ea.StandingOvation.Neighborhoods.Moore` – reprezentuje moorove okolie agenta. Je potomkom triedy `Neighborhood`.

1.6 Spustenie a používanie

Model môže byť spustený dvoma spôsobmi. Najjednoduchšie prostredníctvom súboru `run.bat`. V prípade, že bol RepastJ nainštalovaný do iného ako prednastaveného adresára, je potrebné v tomto súbore zmeniť príslušnú cestu.

AppreciationMean	0.7
AppreciationStdDev	0.1
StandUpDuration	50
Submissiveness	0.11
Threshold	0.95

Tabuľka 2: Parametre modelu ovácií

Druhou možnosťou je spustiť Repast samostatne a prostredníctvom tlačidla *Load Model* zobrazíť dostupné modely. Následne tlačidlom *Add* treba zvoliť cestu k súboru `StandingOvation.jar`. Po stlačení *Load* sa model nahrá a je pripravený na používanie.

Pred spustením simulácie je potrebné nastaviť parametre modelu v okne *Repast Model Settings*. Význam jednotlivých atribútov modelu je nasledovný:

- **AppreciationMean** – stredná hodnota ohodnotenia kvality prednášky. Kvalita prednášky je ohodnotená náhodne podľa normálneho rozdelenia, parameter *AppreciationMean* určuje strednú hodnotu tohto rozdelenia. Parameter určuje objektívnu kvalitu prednášky.
- **AppreciationStdDev** – parameter určuje, aké veľké budú rozdiely v subjektívnom hodnotení kvality prednášky. Spolu s parametrom *AppreciationMean* tvorí parametre normálneho rozdelenia, podľa ktorého sa ohodnocuje kvalita prednášky.
- **StandUpDuration** – určuje, ako dlho bude stáť agent, ktorý sa postavil.
- **Submissiveness** – určuje do akej miery je agent ovplyvniteľný svojím okolím.
- **Threshold** – hranica, ktorú musí prekročiť subjektívne vnímanie kvality prednášky, aby sa agent postavil.

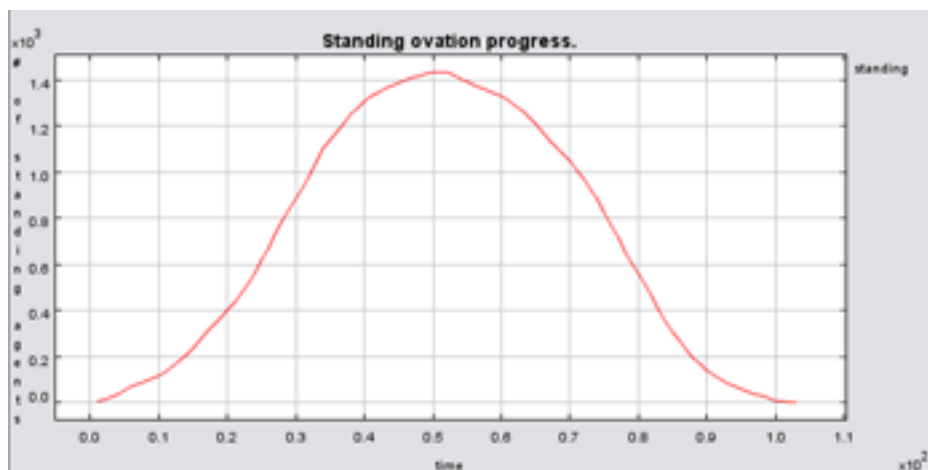
Po nastavení parametrov sa simulácia spustí tlačidlom *Start*. Simuláciu môžeme aj krokovať tlačidlom *Step*. Simulácia sa dá predčasne ukončiť tlačidlom *Stop*. Po skončení simulácie môžeme znovu zadať parametre po stlačení tlačidla *Setup Model* a spustiť simuláciu odznova.

1.7 Experimenty

Nasledujúca časť obsahuje popis niektorých experimentov, ktoré som s týmto modelom uskutočnil.

1.7.1 Standing ovation

Tento experiment predstavuje bežný priebeh standing ovation. Po niekoľkých spusteniach som dospel k vhodným hodnotám parametrov, pri ktorých sa ovácie postupne šíria publikom. Parametre modelu sú uvedené v tabuľke 2.



Obrázok 1: Priebeh simulácie ovácií

AppreciationMean	0.8
AppreciationStdDev	0.1
StandUpDuration	50
Submissiveness	0.11
Threshold	0.95

Tabuľka 3: Parametre modelu ovácií po skvelej prednáške

Počet stojacich agentov na začiatku simulácie je relatívne malý, avšak postupne sa pridávajú ďalší agenti. Stojaci agenti postupne odchádzajú po predom stanovenom čase a počet stojacich agentov začne klesať, až klesne na nulu. Priebeh počtu stojacich agentov je zachytený na obr. 1.

1.7.2 Skvelá prednáška

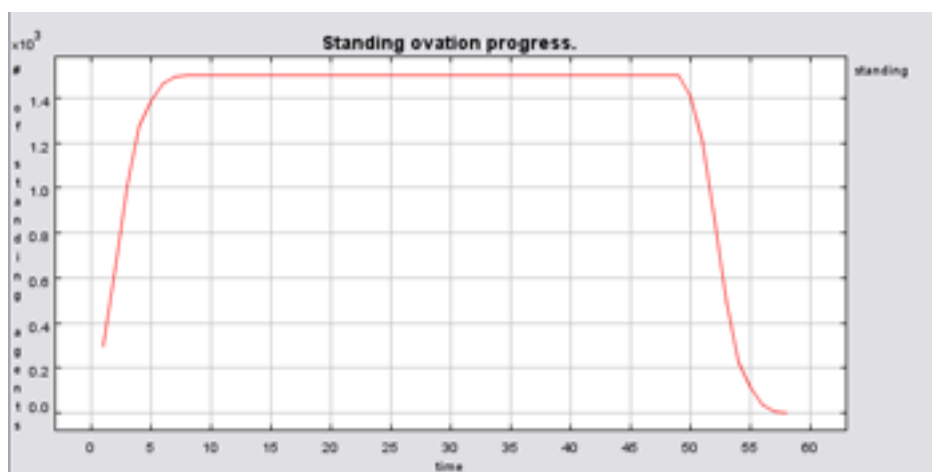
Tento experiment simuluje ovácie po skvelej prednáške o nekonečne hustom lese². Parametre modelu sú uvedené v tabuľke 3. Oproti predchádzajúcej simulácii bola zvýšená hodnota *AppreciationMean*.

Ako je zrejmé z priebehu na obr. 2, počet agentov, ktorí sa postavili hneď po skončení prednášky, je oveľa vyšší ako v predchádzajúcom experimente. Taktiež počet stojacich agentov rastie oveľa prudšie.

1.7.3 Vysoká poddajnosť publika

V tomto experimente budeme sledovať, ako sa správa publikum, ktoré sa dá ľahšie ovplyvniť svojim okolím. Parametre modelu sú podobné ako pri prvom

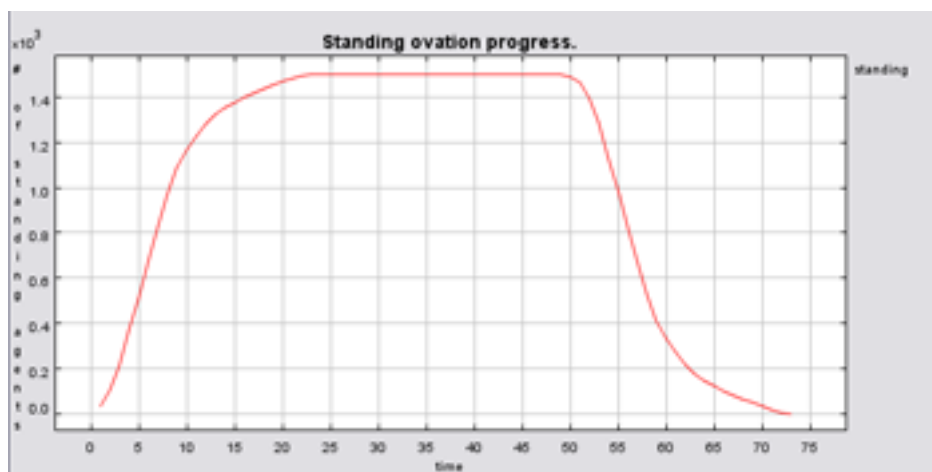
²V nekonečne hustom lese sa medzi každými dvoma stromami nachádza ešte aspoň jeden strom.



Obrázok 2: Pribeh simulácie ovácií po skvelej prednáške

AppreciationMean	0.7
AppreciationStdDev	0.1
StandUpDuration	50
Submissiveness	0.2
Threshold	0.95

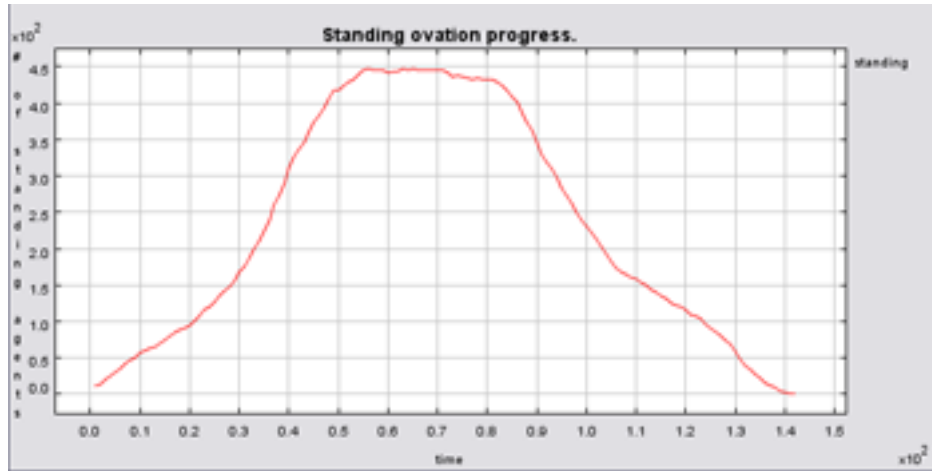
Tabuľka 4: Parametre modelu ovácií pri vysokej poddajnosti publika



Obrázok 3: Pribeh simulácie ovácií pri vysokej poddajnosti publika

AppreciationMean	0.7
AppreciationStdDev	0.1
StandUpDuration	50
Submissiveness	0.1
Threshold	0.95

Tabuľka 5: Parametre modelu ovácií pri nízkej poddajnosti publika



Obrázok 4: Priebeh simulácie ovácií pri nízkej poddajnosti publika

experimente, ale hodnota parametra *Submissiveness* bola zvýšená. Hodnoty parametrov sú uvedené v tabuľke 4.

Z priebehu na obr. 3 je zrejmé, že počet stojacich agentov rastie prudšie pri väčších hodnotách parametra *Submissiveness*.

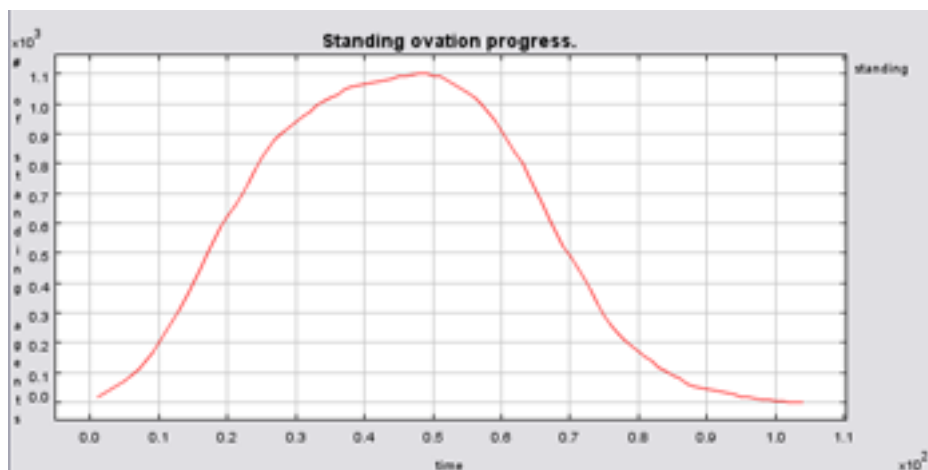
1.7.4 Nízka poddajnosť publika

Tento experiment dáva odpoveď na otázku, čo sa stane, ak je publikum ťažšie ovplyvniteľné svojím okolím. Parametre modelu sú podobné ako pri predchádzajúcom experimente, zmenená bola len hodnota parametra *Submissiveness*. Hodnoty parametrov modelu sú uvedené v tabuľke 5.

Priebeh zachytený na obr. 4 potvrdzuje, že počet stojacich agentov bude rásť pomalšie. Okrem toho je maximálny počet stojacich agentov iba asi tretinový oproti predchádzajúcemu experimentu. Z posledných dvoch experimentov je zrejmé, že ovplyvniteľnosť publika má veľký vplyv na vznik ovácií.

1.7.5 Bariéra

Experiment simuluje, ako sa šíria ovácie v prostredí s prekážkou. V strede mriežky je vytvorený kríž s agentmi s nulovou mierou ovplyvnenia okolím. Takíto



Obrázok 5: Priebeh simulácie ovácií s bariérou

AppreciationMean	0.6
AppreciationStdDev	0.1
StandUpDuration	50
Submissiveness	0.2
Threshold	0.95

Tabuľka 6: Parametre modelu ovácií s agentom provokátorom

agenti ostanú sedieť, čiže sa nepodieľajú na ovplyvňovaní svojho okolia a šírení ovácií. Ovácie sa môžu šíriť iba okolo bariéry. Medzera medzi bariérou a okrajom mriežky je 5 sedadiel. Parametre modelu sú uvedené v tabuľke 2.

Výsledný priebeh je znázornený na obr. 5. Ovácie sa šíria okolo mriežky, aj keď pravdepodobnosť zastavenia šírenia ovácií je vyššia ako bez bariéry. Takáto bariéra nie je dostatočná na zastavenie šírenia ovácií.

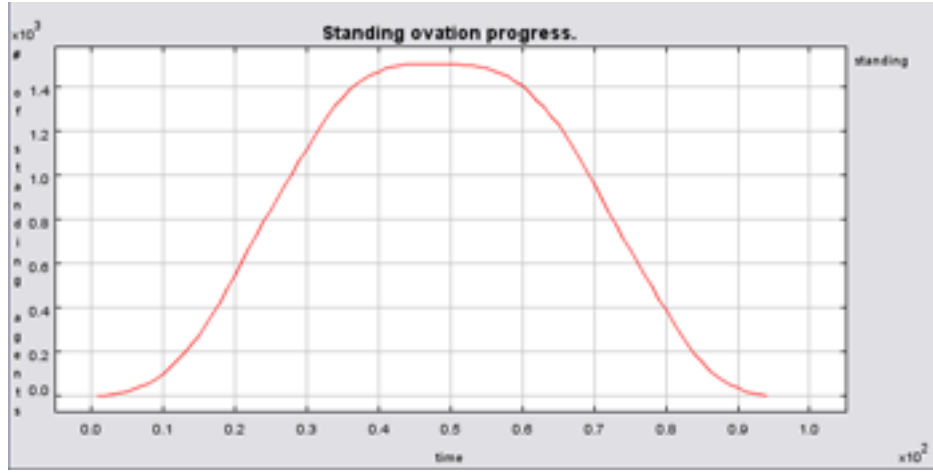
1.7.6 Agent provokatér

Posledný vykonaný experiment sa venuje simulácií ovácií pri prednáške nižšej kvality, avšak s agentom, ktorý sa snaží vyprovokovať standing ovation tým, že sa postaví. Parametre modelu sú uvedené v tabuľke 6.

V závislosti od okolitých agentov sa agentovi provokatérovi môže podariť vyvolať standing ovation. Ak sa okrem neho postaví ešte jeden agent, s veľkou pravdepodobnosťou vznikne standing ovation.

Po znížení hodnoty parametra *Submissiveness* na 0.11 sa agentovi nepodarilo vyvolať standing ovation.

Priebeh ovácií je zachytený na obr. 6.



Obrázok 6: Priebeh simulácie ovácií s agentom provokatérom

1.8 Možné rozšírenia modelu

Model popísaný v tejto štúdii je veľmi jednoduchý a vyžaduje ďalšie rozšírenia pre zvýšenie realistikosti vzniku a priebehu ovácií. Niektoré možné zmeny sú popísané v tejto časti.

Zmena času státia agenta: Hlavným nedostatkom modelu je, že každý agent po postavení stojí konštantný čas a potom odíde z miestosti. Takéto správanie nezodpovedá realite, nakoľko agent, ktorý stojí osamotený v auditóriu si veľmi rýchlo sadne. Preto navrhujem nasledovnú zmenu správania agenta: Čas, ktorý agent bude stáť je na začiatku pevne stanovený na nejakú malú hodnotu m , napr. $m = 5$ krokov simulácie. Každým krokom sa tento čas zníži o 1 a zvýši o hodnotu $\lambda \frac{k}{|O(a)|}$, kde $0 \leq \lambda < 1$, k je počet stojacich agentov v okolí a $|O(a)|$ je počet agentov v okolí agenta a . Platí teda:

$$\begin{aligned} T(0) &= m \\ T(n) &= T(n-1) + \lambda \frac{k}{|O(a)|} - 1 \end{aligned} \quad (3)$$

V prípade, že v okolí agenta stojí 0 agentov, bude agent stáť m krokov simulácie. V prípade, že v okolí agenta stoja všetci agenti, bude agent stáť n krokov, kým bude platiť nerovnosť $m + n(\lambda - 1) \geq 0$. Z toho vyplýva, že agent bude stáť max. $n \leq \frac{m}{1-\lambda}$ krokov. Pre počet krokov n , ktoré bude agent stáť teda platí:

$$m \leq n \leq \frac{m}{1-\lambda} \quad (4)$$

Napr. pre $m = 5$ a $\lambda = 0.9$ bude agent stáť minimálne 5 krokov a maximálne 50 krokov simulácie. Hodnota parametra $\lambda < 1$ zaručí, že ovácie napokon ustanú a všetci agenti odídu z auditória.

Oneskorený vplyv agentov: Model šírenia epidémie bol zjednodušený tak, že sme neuvažovali inkubačnú dobu, kedy je agent nakazený, ale nepodíeľa sa na šírení nákazy ďalej. Rovnako aj v modeli šírenia ovácií sú okolostojaci agenti ovplyvňovaní ihneď potom, ako sa agent postaví. Realistickosti modelu by prospelo, keby agent začal ovplyvňovať svoje okolie až po predom určenom počte krokov simulácie odkedy sa postavil. Význam tohto oneskorenia by sa mohol interpretovať ako váhanie agentov predtým, ako sa nechajú ovplyvniť susedom.

Iné okolie agenta: Pre zaujímavejšie výsledky by bolo vhodné vyskúšať iné druhy okolí. Jednou z možností je vytvoriť okolie agentov, ktorých agent vidí, t.j. agentov bezprostredne po jeho ľavici a pravici a agentov pred ním.

Iné parametre ovplyvňujúce agentov: Okrem ohodnotenia kvality prednášky a počtu stojacich agentov v okolí by mohli byť do modelu pridané ďalšie faktory ovplyvňujúce agentov, ako je napr. úroveň hluku v auditóriu.

Váhy agentov: Niektorí agenti sú významnejší ako iní a viac ovplyvňujú ostatných agentov. Napr. agent reprezentujúci generálneho riaditeľa firmy má väčší vplyv na ostatných agentov ako agent reprezentujúci vrátnika.

Váhy spojov medzi agentmi: Zovšeobecnením predchádzajúcej úpravy je prídanie váh medzi jednotlivých agentov. V takomto prípade môže agent ovplyvňovať rozličných agentov rozličnou mierou. Napr. ak je auditórium rozdelené uličkami, bude agent ovplyvňovať agenta, ktorý sedí vedľa neho väčšou mierou, ako agenta, ktorý sedí na druhej strane uličky.

1.9 Výskyt ovácií v prírode

V tejto časti uvedieme niekoľko situácií v prírode a spoločnosti, ktoré môžu byť modelované prostredníctvom modelu ovácií.

Vo všeobecnosti platí, že model šírenia ovácií sa dá použiť tam, kde agent stojí pred rozhodnutím medzi dvoma alternatívami a v rozhodovaní ho ovplyvňujú ostatní agenti. Príkladom niektorých takýchto situácií môžu byť:

- Epidémia chrípky.
- Užívanie drog mladistvými.
- Popularita Harryho Pottera.
- Nosenie smiešnych nohavíc.

Referencie

- [1] Repast, <http://repast.sourceforge.net>