

Samoorganizácia slovníka v spoločenstve agentov

Ondrej Jaura
(ondrej.jaura@pobox.sk)

Obsah

1	Úvod	3
2	Hra pomenovania	3
2.1	Formálny model.....	3
2.2	Reprezentácia výsledkov.....	4
3	Experimenty	5
3.1	Agenti s nemenlivou polohou	5
3.2	Pohybujúci sa agenti.....	7
4	Záver	9
5	Dodatok.....	9
6	Literatúra.....	10

1 Úvod

V poslednom desaťročí vzrástol výskum jazyka, ako meniaceho sa systému. Vznikajú formálne modely, ktoré skúmajú, ako sa jazyk pomocou samoorganizácie v spoločnosti vzájomne sa ovplyvňujúcich agentov mení, vyvíja.

Vznikajú otázky: ako sa môže slovník zdieľaný viacerými agentmi vyvíjať? Ako sa môže počiatočná náhodne vygenerovaná asociácia *forma – význam* samoorganizovať prostredníctvom evolúcie?

Hra pomenovania (*naming game*) je formálnym mechanizmom, ktorý popisuje vývoj slovníka v spoločenstve vzájomne sa ovplyvňujúcich agentov. Súčasne je možné sledovať vplyv mimojazykových štruktúr na evolúciu slovníka a opačne. Pod mimojazykovou štruktúrou tu myslíme polohu v 2D svete agentov a umožnenie pohybu agentov na základe výsledku hry mien. Veľa výskumov sa koncentrovalo na jazyk samotný a nebrala sa do úvahy možnosť využívať mimojazykové štruktúry v spoločenstve agentov.

Topologická štruktúra má dôležitý význam vo vývoji slovníka – je zodpovedná za vznik dialektových skupín (*language cluster*).

2 Hra pomenovania

2.1 Formálny model

Slovník L je množina asociácií *forma – význam* $L = \{(f_i, m_i, s_i)\}$, kde forma f_i je symbol, význam m_i označuje kategóriu / objekt a s_i je skóre asociácie s obmedzením $s_i \in \langle 0,1 \rangle$. Dve operácie môžu ovplyvniť skóre: $In(s_i, r)$ ako zvýšenie o r a $De(s_i, r)$ ako zníženie o r . Vzhľadom na obmedzenia, ak výsledok operácie je väčší ako 1, vráti sa 1 a ak je výsledok menší ako 0, vráti sa 0. Navyše, aj forma aj význam sa môžu ešte objaviť v ďalších asociáciách.

Agent a_i je n-tica $a_i = ((x_i, y_i), L_i, w_a, w_c, IS, SC)$, kde (x_i, y_i) je jeho poloha v 2D svete, L_i je jeho aktuálny slovník, ktorý je na začiatku prázdny, w_a je pravdepodobnosť akceptovania novej asociácie (f_i, m_i, s_i) keď je to potrebné (viď dole), w_c je pravdepodobnosť vytvorenia novej asociácie (f_i, m_i, s_i) keď je to potrebné, IS je počiatočné skóre akceptovaných a vytvorených asociácií a SC je hodnota, o ktorú bude skóre zmenené (zvýšené alebo znížené).

Spoločenstvo agentov je trojica $Soc = (\{a_i\}, loc, \{m_i\})$, kde $\{a_i\}$ je množina agentov, loc je lokálnosť (*locality*) (viď dole) a $\{m_i\}$ je množina významov / objektov, ktoré agenti pomenujú tým, že asociujú im jednu alebo niekoľko foriem.

Jeden cyklus hry pomenovania pozostáva z náhodného výberu jedného agenta, ktorého označíme hovorca (*speaker*) s , ktorý si vyberie náhodne jedného z jeho loc susedov – poslucháč (*hearer*) h – podľa euklidovskej vzdialenosti.

Lokálnosť loc určuje počet najbližších (podľa euklidovskej vzdialenosti) susedov, z ktorých hovorca náhodne vyberie poslucháča.

Potom hovorca náhodne vyberie význam $m \in \{m_i\}$. Nech

$$E = \{assoc_k = (f_k, m_k, s_k) \mid (m_k = m) \wedge (assoc_k \in L_s)\}:$$

- ak $E = \{\}$ znamená to, že hovorca s nemá žiadnu formu pre m , a teda vytvorí novú formu f (náhodný symbol) a pridá (f, m, s) do L_s . Cyklus končí a výsledok je nastavený na NEÚSPECH.
- ak $E \neq \{\}$ tak hovorca s náhodne vyberie

$$assoc = (f, m, s) \in \{(f_k, m, s_k) \mid (f_k, m, s_k) \in E \wedge (\forall j \neq k, ((f_j, m, s_j) \in E \Rightarrow s_j \leq s_k))\}$$

čo je asociácia (f_k, m, s_k) s najvyšším skóre – označujeme ako naposledy uprednostnená forma f pre m agenta a_i alebo preferovaná forma f pre význam m .

Potom hovorca s poukáže na význam m pomocou mimojazykového nástroja (poslucháč sa vždy dozvie význam) a vysloví f . Zaved'me predikát

$$P = (\exists s_k \mid ((f_k, m, s_k) \in L_h) \wedge (s_k > 0)):$$

- ak P je false to znamená, že poslucháč neporozumel a cyklus sa končí s výsledkom NEÚSPECH. Slovník hovorca sa zmení:

$$L_s = L_s - \{(f, m, s)\} + \{f, m, De(s, SC)\}$$
 Slovník poslucháča sa zmení s pravdepodobnosťou w_a : $L_h = L_h + \{(f, m, IC)\}$.
- ak P je true, potom poslucháč porozumel a cyklus sa končí s výsledkom ÚSPECH. Slovník hovorca sa zmení: zaved'me $A = \{(f_k, m, s_k) \in L_s \mid f_k \neq f\}$ a $B = \{(f, m_k, s_k) \in L_s \mid m_k \neq m\}$, potom

$$L_s = L_s - \{(f, m, s)\} + \{(f, m, In(s, SC))\} - A + \{(f_k, m, s_k) \mid (\exists s \mid ((f_k, m, s) \in A) \wedge (s_k = De(s, SC)))\} - B + \{(f, m_k, s_k) \mid (\exists s \mid ((f, m_k, s) \in B) \wedge (s_k = De(s, SC)))\}$$

Hra pomenovania je volaná postupne dokola na populácii agentov.

2.2 Reprezentácia výsledkov

Výsledky budeme reprezentovať dvoma grafmi:

- graf rozšírenia formy
- graf dialektových skupín

Graf rozšírenia je definovaný nasledovne:

- os x vyjadruje počet cyklov – evolúcia ÚSPECH / NEÚSPECH
- os y vyjadruje percentuálnu úspešnosť za posledných 30 cyklov – evolúcia rozšírenia formy (*form-spread*) pre daný význam s počtom cyklov. Rozšírenie formy pre m v cykle r je definované nasledovne:

$$FS_{m,r} = \{(f_i, p_i) \mid (\exists a \in Soc \mid f_i = \text{naposledy uprednostnená forma } f \text{ pre } m) \wedge (p_i = \text{percento agentov majúcich } f_i \text{ ako preferovanú pre } m)\}$$

Grafy rozšírenia formy pre m budú pozostávať z $max_r \mid FS_{m,r} \mid$ kriviek, každá bude zodpovedať jednej $f_i \in FS_{m,r}$.

Ďalším grafom je graf dialektových skupín, ktorý je definovaný nasledovne:

- os x vyjadruje x-ovú súradnicu polohy agenta
- os y vyjadruje y-ovú súradnicu polohy agenta

Graf dialektových skupín pozostáva z rôznofarebných bodov reprezentujúcich agentov, kde rovnakú farbu majú agenti z jednej dialektovej skupiny.

Dialektová skupina je skupina agentov zdieľajúcich rovnakú preferovanú formu k jednému významu. Teda ak agent a_i má preferovanú formu f pre význam m a agent a_j má preferovanú formu f' pre význam m , pričom $i \neq j \wedge i, j \leq |Soc|$ a platí, že $f = f'$, tak agenti a_i a a_j patria do jednej dialektovej skupiny (pre význam m).

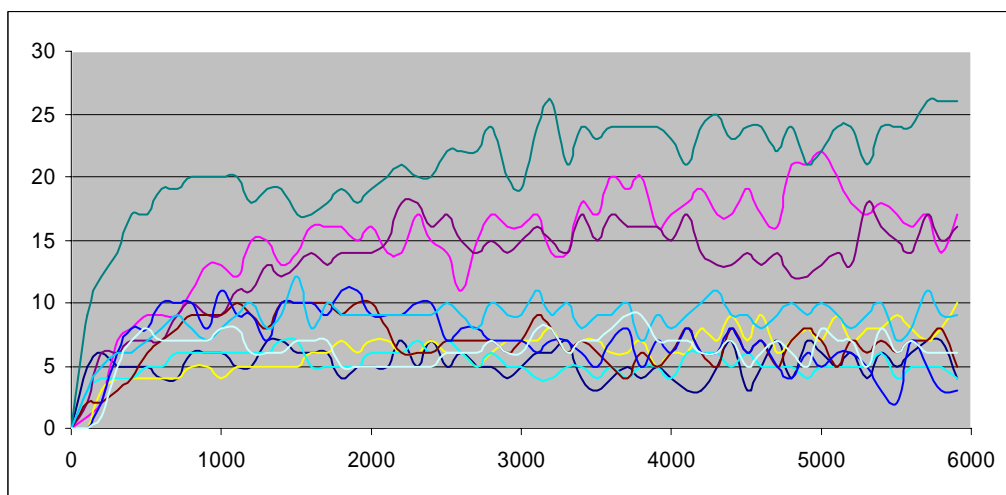
Pre všetky ďalej uvedené grafy platí: význam m je prvý prvok z množiny $\{m_i\}$, čo je množina významov z vyššie uvedenej definície spoločenstva agentov Soc .

Pre všetky ďalej uvedené grafy dialektových skupín platí: z dôvodu prehľadnosti grafu sú v grafe zobrazené len skupiny s *count* a viac agentmi (pre 100 agentov je vhodnou hodnotou pre *count* číslo 9).

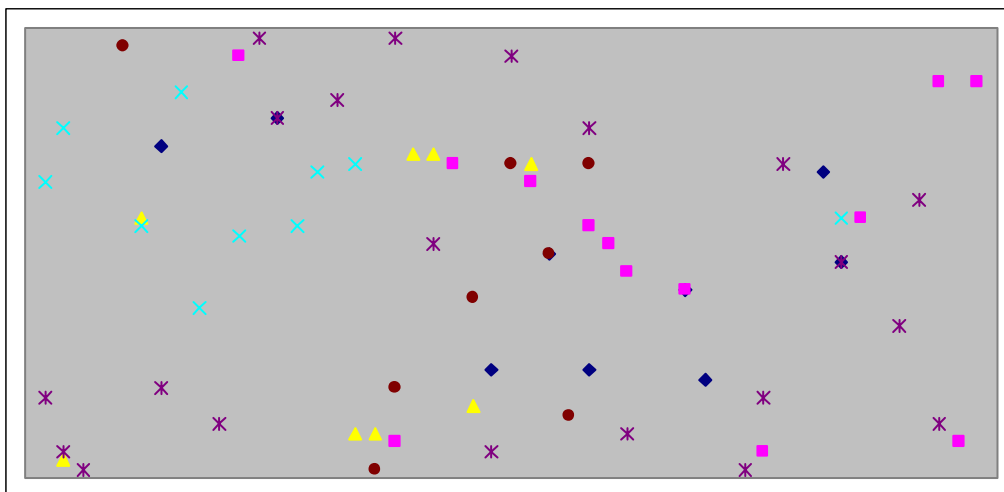
3 Experimenty

3.1 Agenti s nemenlivou polohou

Všetci agenti majú rovnaké parametre $w_a = 0.1$, $w_c = 0.1$, $IS = 0.1$ a $SC = 0.1$. Zvolíme 100 agentov, 4 významy a $loc = 8$.



Graf 1 : evolúcia rozšírenia formy ($loc = 8$)

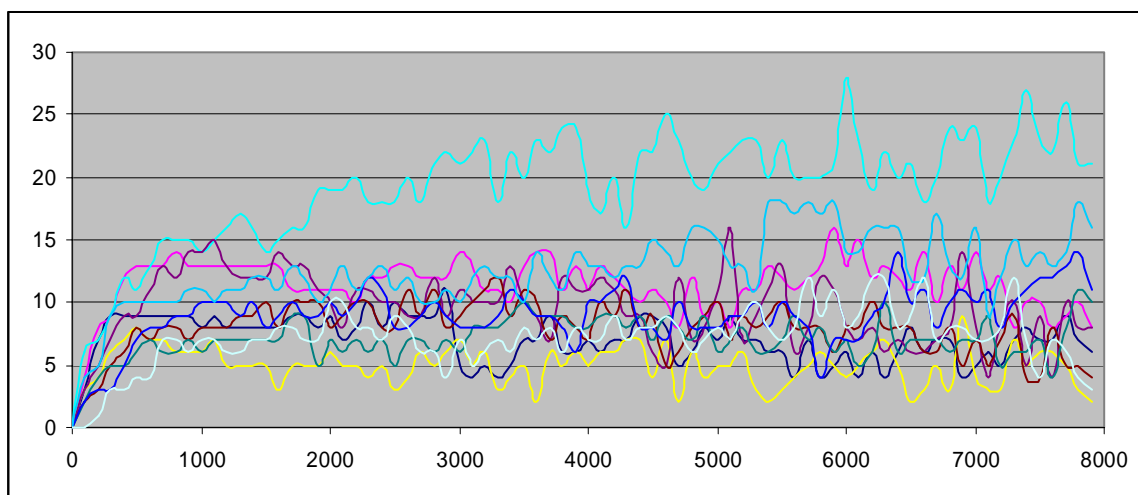


Graf 2 : dialektové skupiny (loc = 8)

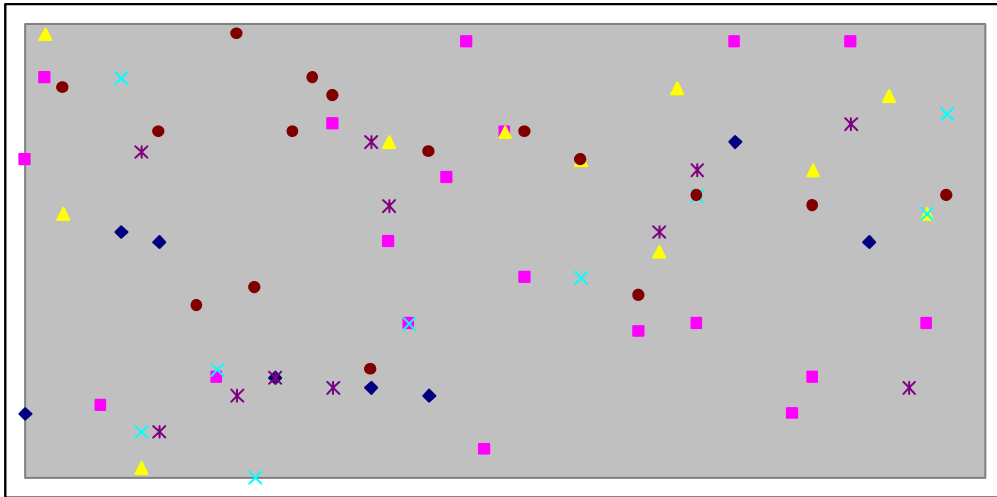
Už po cca 1500 cykloch je zrejmé, ktoré formy budú dominovať pre daný význam. Niektoré sa dostávajú do ekvilibria, kedy sa percentuálna časť agentov používajúcich túto formu výrazne nemení.

Stabilita ekvilibria nie je ovplyvnená zmenami parametrov w_a a w_c (vyplýva z pokusov).

Zaujímavé je, ak je lokálnosť náhle odstránená (po určitom počte cyklov). Rozšírenie formy „poskočí“ a opäť sa dostane do ekvilibria. To znamená, že väčšina agentov si nemení preferovanú formu, hoc úspešnosť komunikácie je relatívne malá.



Graf 3 : evolúcia rozšírenia formy (lokálnosť odstránená po 4000 cykloch)



Graf 4 : dialektové skupiny (lokálnosť odstránená po 4000 cykloch)

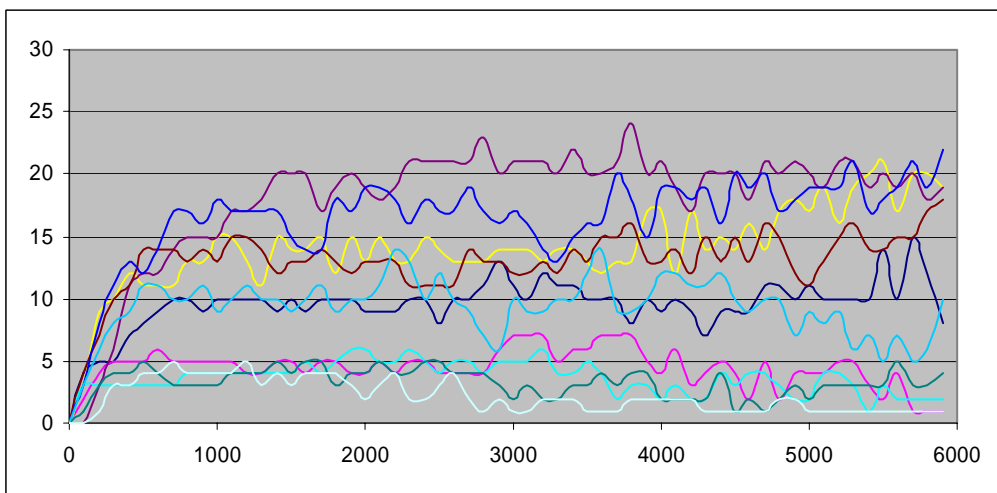
3.2 Pohybujúci sa agenti

Agenti sa pohybujú na základe výsledku cyklu: topológia a jazyk sú obojsmerne spojené. Na konci každého cyklu, ak výsledok bol ÚSPECH, hovorca sa pohne k poslucháčovi: $(x_s, y_s) \Rightarrow (x_s + C * (x_h - x_s), y_s + C * (x_h - x_s))$, kde (x_s, y_s) je pozícia hovorcu pred tým než sa pohol, (x_h, y_h) je pozícia poslucháča a C je konštanta rovná $\frac{\max_i(x(a_i)) - \min_i(x(a_i))}{|Soc|}$, kde $x(a_i)$ je súradnica agenta a_i v prvom cykle – ma za následok

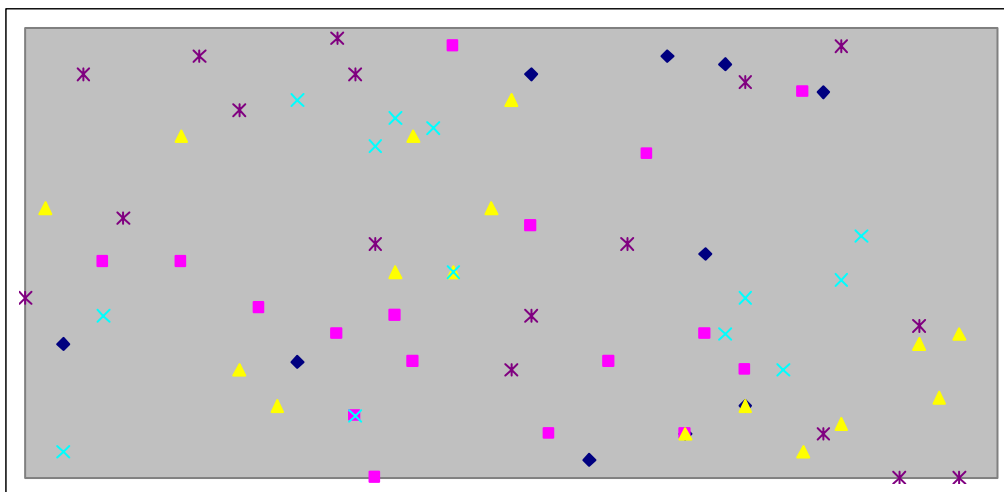
hladký pohyb agenta. Ak výsledok cyklu je NEÚSPECH, hovorca uskutoční rovnaký pohyb ale s $-C$ namiesto C . Vo všetkých experimentoch majú agenti náhodnú polohu v prvom cykle.

Všetci agenti majú rovnaké parametre $w_a = 0.1$, $w_c = 0.1$, $IS = 0.1$ a $SC = 0.1$.

Zvolíme 100 agentov, 4 významy a $loc = 8$.

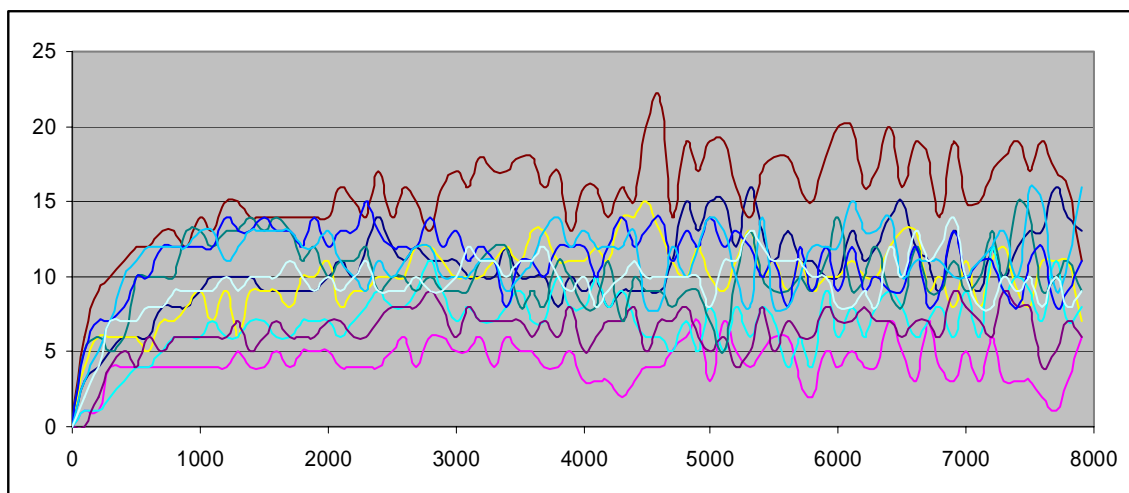


Graf 5 : evolúcia rozšírenia formy (loc = 8)

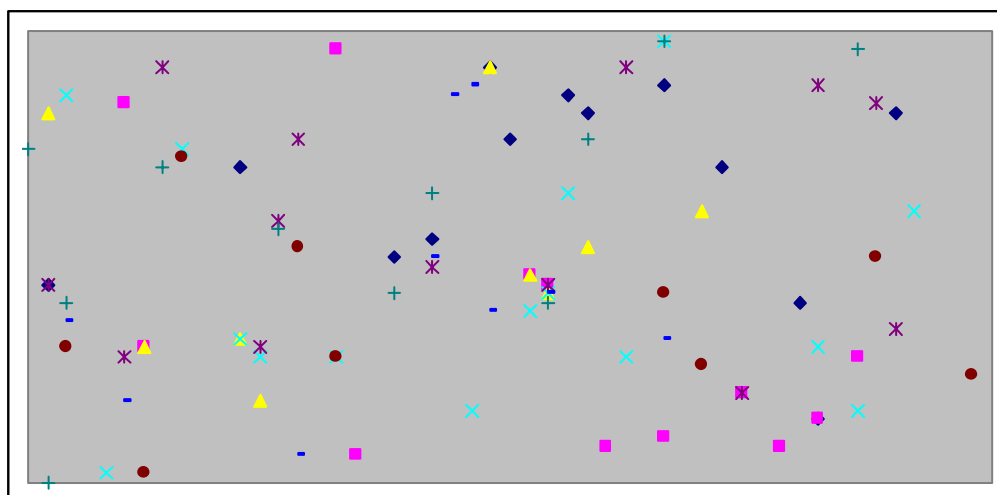


Graf 6 : dialektové skupiny (loc = 8)

Odstránime lokálnosť:



Graf 7 : evolúcia rozšírenia formy (lokálnosť odstránená po 4000 cykloch)



Graf 8 : dialektové skupiny (lokálnosť odstránená po 4000 cykloch)

Výnimky v dialektových skupinách (agenti používajúci iné preferované formy na rovnaké významy) koexistujú z toho dôvodu, že agenti sa pohybujú, i keď sú v dialektovej skupine s inými preferovanými formami, pohybuje sa i skupina samotná, čo je spôsobené náhodným pohybom.

Pri kolízii skupín, môžu nastať prípady:

- každá skupina si zachová preferované formy, aké mala pred kolíziou (a každá sa pohybuje „svojím“ smerom)
- dôjde k fúzii slovníkov: napr. skupina c_1 má formu f_1 pre význam m_1 a f_2 pre m_2 a skupina c_2 má formu f_1' pre význam m_1 a f_2' pre m_2 . Výsledná skupina $c_1 + c_2$ má f_1 pre m_1 a f_2' pre m_2 .

4 Záver

Pomocou jednoduchšej verzie hry pomenovania je možné ukázať fenomén samoorganizovania slovníka a po pridaní mimojazykovej štruktúry bol získaný mechanizmus, ktorý viedol k vzniku dialektových skupín.

Na rozdiel od citovanej literatúry po odstránení lokálnosti nedošlo k zvýšeniu rozšírenia formy (predpokladaný nárast na takmer 50%), čo mohlo byť spôsobené malou veľkosťou množiny pre formy, z ktorej boli formy náhodne vyberané pri vytváraní novej asociácie.

5 Dodatok

Experimenty sú implementované v jazyku Java. Pre spustenie je nutné mať nainštalované JRE (<http://java.sun.com>).

6 Literatúra

Pierre-yves Oudeyer: Self-organization of a Lexicon in a Structured Society of Agents,
<http://citeseer.nj.nec.com/277976.html>