

Influenza di campi esterni in modelli multi-agente con dinamica di linguaggio

Filippo Palombi



in collaborazione con

Stefano Ferriani (ENEA) e Simona Toti (ISTAT)

26 Maggio 2017 – C.R. Frascati

<http://www.perceiveproject.eu/>



[Home](#)

[About the project](#)

[Research Structure](#)

[Journal](#)

[Partners](#)

[Get in touch](#)



Do you feel European?

Yes!

No!

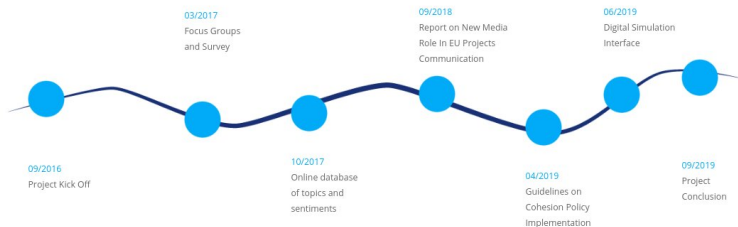
What?



PERCEIVE means:

PERCEIVE is an acronym that stands for "Perception and evaluation of Regional and Cohesion Policies by Europeans and Identification with the values of Europe".

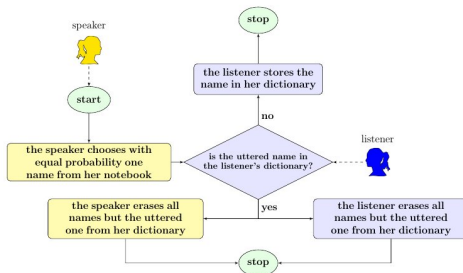
<http://www.perceiveproject.eu/>



Naming Game

Un modello adattivo

- Due agenti interagiscono per assegnare un nome ad un oggetto (inizialmente privo)
- Ciascun agente possiede un *notebook* di possibili nomi (eventualmente vuoto)
- Uno dei due agenti agisce come **Speaker**
- L'altro agente agisce come **Listener**
- Nella versione binaria l'interazione è descritta dal seguente diagramma di flusso:



before interaction	after interaction
$S \rightarrow L$	$S - L$
$A \xrightarrow{A} A$	$A - A$
$A \xrightarrow{A} B$	$A - AB$
$A \xrightarrow{A} AB$	$A - A$
$B \xrightarrow{B} A$	$B - AB$
$B \xrightarrow{B} B$	$B - B$
$B \xrightarrow{B} AB$	$B - B$
$AB \xrightarrow{A} A$	$A - A$
$AB \xrightarrow{A} B$	$AB - AB$
$AB \xrightarrow{A} AB$	$A - A$
$AB \xrightarrow{B} A$	$AB - AB$
$AB \xrightarrow{B} B$	$B - B$
$AB \xrightarrow{B} AB$	$B - B$

Articolo originale

“Sharp transition towards shared vocabularies in multi-agent systems.”

A. Baronchelli, M. Felici, E. Caglioti, V. Loreto, and L. Steels.

J. Stat. Mech. Theory Exp., P06014, 2006.

Motivazioni per lo studio del Naming Game

- Studio dei meccanismi evolutivi delle lingue
- Sincronizzazione di protocolli di comunicazione tra dispositivi elettronici
- Analisi di dinamiche d'opinione su reti complesse

Distribuzione di equilibrio del modello

Per molte reti di agenti $\mathcal{G}$ con $|\mathcal{G}| = N$, il sistema converge al consenso in un certo tempo T_N :

$$\mathcal{P}_{\text{final}}(\mathbf{n}) = \prod_{i \in \mathcal{G}} \delta_{n_i, \{A\}} \quad (\text{distr. di prob. finale del sistema - consensus su } A)$$

dove n_i è il notebook dell' i -mo agente ed $\mathbf{n}$ è il vettore di tutti i notebooks. Esempi:

- Reticolo 1-dimensionale: $T_N \sim N^3$
- Reticolo 2-dimensionale: $T_N \sim N^2$
- Grafo di Erdős-Rényi: $T_N \sim N^{1.4}$
- Grafo di Barabasi-Albert: $T_N \sim N^{1.5}$

Il modello è stato recentemente validato empiricamente in esperimenti di gioco online:

“The spontaneous emergence of conventions: An experimental study of cultural evolution.”

D. Centola and A. Baronchelli.

PNAS, 112(7):1989-1994, 2015.

- I media sono rappresentati da campi esterni globali
- un campo esterno globale è un agente speciale M connesso a tutti gli agenti nella rete il cui comportamento non segue le regole di interazione microscopica che caratterizzano gli agenti
- assumiamo che il campo esterno invii sempre lo stesso messaggio, per es. l'opinione A

before interaction	after interaction
$M \rightarrow L$	$M - L$
$A \xrightarrow{A} A$	$A - A$ with prob. 1
$A \xrightarrow{A} B$	$A - AB$ with prob. α_B
$A \xrightarrow{A} AB$	$A - A$ with prob. α_{AB}

- Domanda: **quanto è efficace un medium nel persuadere una popolazione di agenti?**

Con quale cadenza temporale il medium agisce?

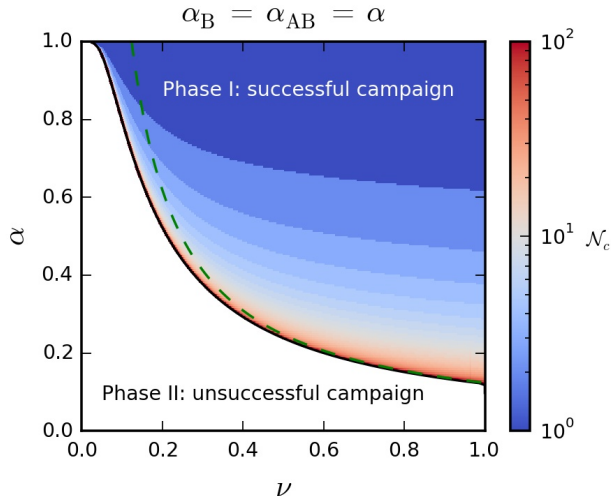
In letteratura si trovano essenzialmente due strategie:

- **Azione culturale:** ad ogni passo di dinamica microscopica si seleziona un agente e si decide se questi interagirà con il medium (con probabilità α) o con un altro agente (con probabilità $(1 - \alpha)$)
- **Azione propagandistica:** con cadenza periodica di periodo τ (frequenza $\nu = 1/\tau$) il medium effettua una trasmissione istantanea che raggiunge tutti gli agenti del sistema

Nel ns. lavoro scegliamo la seconda strategia! Abbiamo quindi un modello con 3 parametri:

$$(\alpha_B, \alpha_{AB}, \nu)$$

Assumiamo che inizialmente tutta la popolazione si trovi nello stato B.


$$\mathcal{N}_c = \text{n. di campagne mediatiche necessarie a portare il sistema nello stato di consenso su } A$$

Versione binaria

- Supponiamo che inizialmente i notebook non siano vuoti: due parole possibili, A o B
- Successivamente ciascun notebook può trovarsi in $\{A\}$, $\{B\}$ o $\{A,B\}$
- Elenchiamo tutte le possibili interazioni:

prima dell'interazione	dopo l'interazione
$S \rightarrow L$	$S - L$
$\{A\} \xrightarrow{A} \{A\}$	$\{A\} - \{A\}$
$\{A\} \xrightarrow{A} \{B\}$	$\{A\} - \{AB\}$
$\{A\} \xrightarrow{A} \{AB\}$	$\{A\} - \{A\}$
$\{B\} \xrightarrow{B} \{A\}$	$\{B\} - \{AB\}$
$\{B\} \xrightarrow{B} \{B\}$	$\{B\} - \{B\}$
$\{B\} \xrightarrow{B} \{AB\}$	$\{B\} - \{B\}$
$\{AB\} \xrightarrow{A} \{A\}$	$\{A\} - \{A\}$
$\{AB\} \xrightarrow{A} \{B\}$	$\{AB\} - \{AB\}$
$\{AB\} \xrightarrow{A} \{AB\}$	$\{A\} - \{A\}$
$\{AB\} \xrightarrow{B} \{A\}$	$\{AB\} - \{AB\}$
$\{AB\} \xrightarrow{B} \{B\}$	$\{B\} - \{B\}$
$\{AB\} \xrightarrow{B} \{AB\}$	$\{B\} - \{B\}$

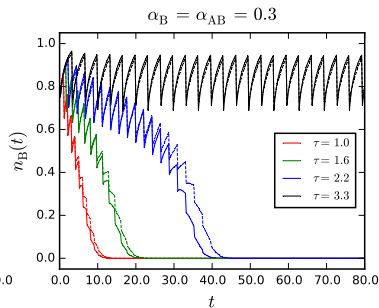
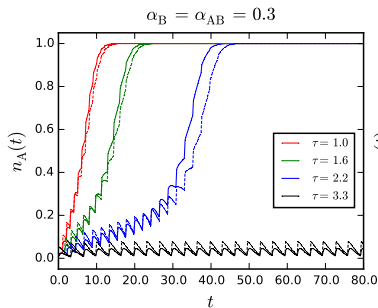
campo medio

Sia $n_X(t)$ la densità degli agenti con notebook X al tempo t :

$$n_A(t) + n_B(t) + n_{AB}(t) = 1$$

Assumiamo come stato iniziale

$$n_B(0) = 1 \quad n_A(0) = 0 \quad n_{AB}(0) = 0$$



Le equazioni che descrivono il modello nell'approssimazione di campo medio sono

$$\frac{dn_A}{dt} = n_A n_{AB} + (n_{AB})^2 - n_A n_B + \alpha_{AB} (1 - n_A - n_B) \delta(t \bmod \tau),$$

$$\frac{dn_B}{dt} = n_B n_{AB} + (n_{AB})^2 - n_A n_B - \alpha_B n_B \delta(t \bmod \tau),$$

Esse sono definite a meno di un'ambiguità interpretativa (in senso distribuzionale) per $t = k \cdot \tau$, $k = 1, 2, 3, \dots$

Schemi di integrazione differenti corrispondono a diverse interpretazioni dei termini impulsivi:

Schema esplicito

$$\begin{cases} n_A(t + \epsilon) = n_A(t) + \epsilon \cdot (1 - n_A - 2n_B + n_B^2)(t) + \alpha_{AB} (1 - n_A - n_B)(t) \delta_{t/\epsilon, t_k/\epsilon}, \\ n_B(t + \epsilon) = n_B(t) + \epsilon \cdot (1 - n_B - 2n_A + n_A^2)(t) - \alpha_B n_B(t) \delta_{t/\epsilon, t_k/\epsilon}, \end{cases}$$

Schema (parzialmente) implicito

$$\begin{cases} n_A(t + \epsilon) = n_A(t) + \epsilon \cdot (1 - n_A - 2n_B + n_B^2)(t) + \alpha_{AB} (1 - n_A - n_B)(t + \epsilon) \delta_{t/\epsilon, t_k/\epsilon}, \\ n_B(t + \epsilon) = n_B(t) + \epsilon \cdot (1 - n_B - 2n_A + n_A^2)(t) - \alpha_B n_B(t + \epsilon) \delta_{t/\epsilon, t_k/\epsilon}, \end{cases}$$

Campi esterni in competizione

È possibile studiare gli stati di equilibrio periodico del sistema sotto l'azione di due campi esterni che competono (i campi non rappresentano necessariamente lo stesso medium):

- nei termini del progetto *perceive* un medium pro-EU ed un medium anti-EU
- in termini più generali, per es. nell'ambito delle strategie di marketing, due aziende che pubblicizzano prodotti in competizione

before interaction	after interaction
$M_A \rightarrow L$	$M_A - L$
$A \xrightarrow{A} A$	$A - A$ with prob. 1
$A \xrightarrow{A} B$	$A - AB$ with prob. β_B
$A \xrightarrow{A} AB$	$A - A$ with prob. β_{AB}

before interaction	after interaction
$M_B \rightarrow L$	$M_B - L$
$B \xrightarrow{B} B$	$B - B$ with prob. 1
$B \xrightarrow{B} A$	$B - AB$ with prob. γ_A
$B \xrightarrow{B} AB$	$B - B$ with prob. γ_{AB}

- I due media agiscono periodicamente, con periodi τ_A e τ_B ed eventualmente uno delay temporale t_{del} nella prima campagna mediatica
- Il modello ha ora uno spazio di parametri 7-dimensionale:

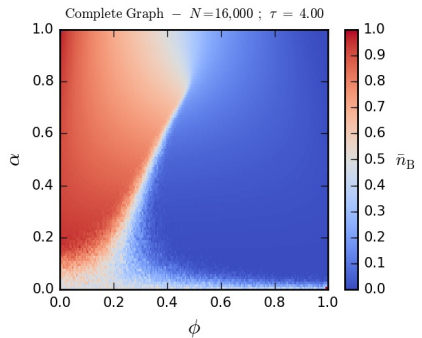
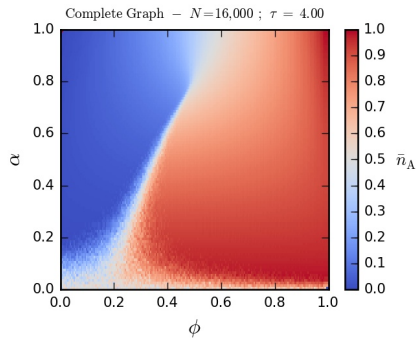
$$(\beta_B, \beta_{AB}, \gamma_A, \gamma_{AB}, \tau_A, \tau_B, t_{del})$$

Dinamica 1st vs. 2nd mover

- Durante gli anni '90 è divenuta molto popolare la questione se un mercato sia più facilmente dominato da un'azienda che irrompe con una innovazione (1st mover advantage) oppure da aziende che entrino nel mercato successivamente proponendo prodotti alternativi simili a quelli dell'azienda pioniera (2nd mover advantage)
- Inizialmente gli economisti ritenevano che il 1st mover fosse naturalmente avvantaggiato, ma nel corso del tempo si è accumulata evidenza empirica che spesso il 2nd mover ha la meglio
- al meglio della nostra conoscenza non esistono modelli teorici che discutano questo problema

Il Naming Game con due campi esterni in competizione rappresenta un framework molto naturale per investigare la questione in termini matematicamente chiari.

- Abbiamo evidenza di effetti fortemente non-lineari



$$\beta_B = \beta_{AB} = \gamma_A = \gamma_{AB} = \alpha$$

$$\tau_A = \tau_B = \tau$$

$$\phi = t_{\text{del}}/\tau$$

Conclusioni

- Il Naming Game è un modello agent-based di interesse multi-disciplinare. Esso incrocia domini che spaziano dalla meccanica statistica alla semiotica, dall'intelligenza artificiale alla diffusione del consenso politico, dal data-mining ai sistemi complessi, etc.;
- Abbiamo studiato la struttura di fase del Naming Game su reti community-based;
- Il modello esibisce un comportamento non-lineare sotto l'azione di un campo esterno globale e periodi. In particolare, abbiamo una transizione di fase di naturale interpretazione ;
- Abbiamo studiato il modello nell'approssimazione di campo medio e attraverso simulazioni numeriche su reti complesse con varie topologie;
- Nel caso in cui la dinamica degli agenti sia perturbata dall'azione di due campi esterni in competizione, abbiamo un framework naturale per investigare le dinamiche 1st vs. 2nd mover;
- Il sistema evidenzia anche in questo caso un comportamento non lineare in cui prevale il 1st mover o il 2nd mover a seconda dei parametri del modello;
- La topologia della rete sembra giocare un ruolo non banale nel definire il dominio di uno dei due campi esterni sull'altro.