

Gra w nazywanie jako model ewolucji języka

Dorota Lipowska

Zakład Logiki Stosowanej
Instytut Językoznawstwa
UAM

Trochę historii...

- Teorie religijne
 - zarówno w kulturach mono- jak i politeistycznych

- Teorie cywilizacyjne
 - V – IV w.p.n.e sofiści, Protagoras, Hippiasz, Gorgiasz
 - Jean Jacques Rousseau „Traktat o pochodzeniu języków” (1755)
 - Johan Herder „Rozprawa o pochodzeniu języków” (1772)
 - Etienne de Condillac

- Teorie ewolucyjne

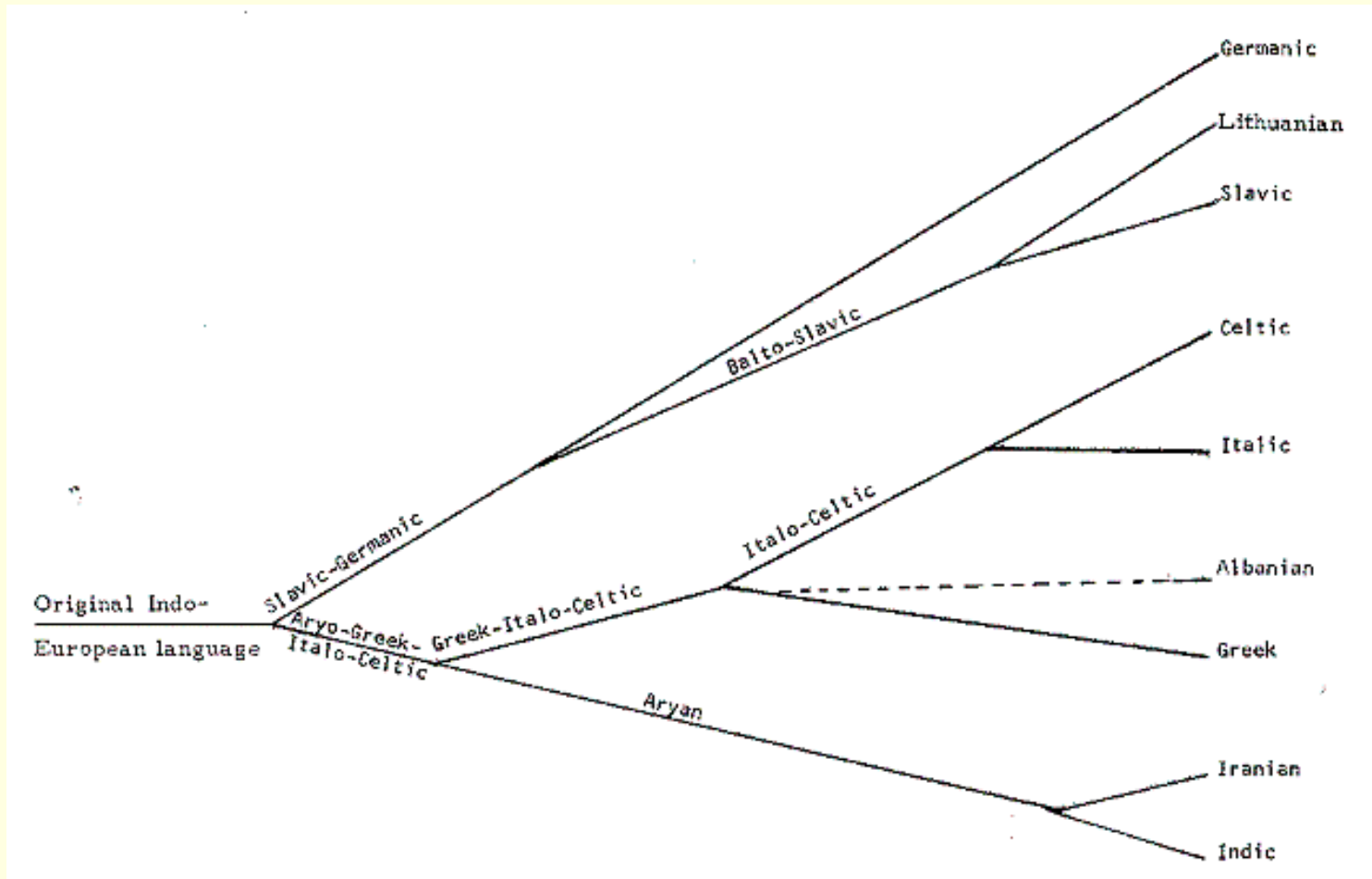
XVIII- i XIX-wieczne spekulacje

- Teoria naśladownictwa – teoria „hau-hau”
- Teoria wykrzykników – teoria „ach”
- Teoria gestów

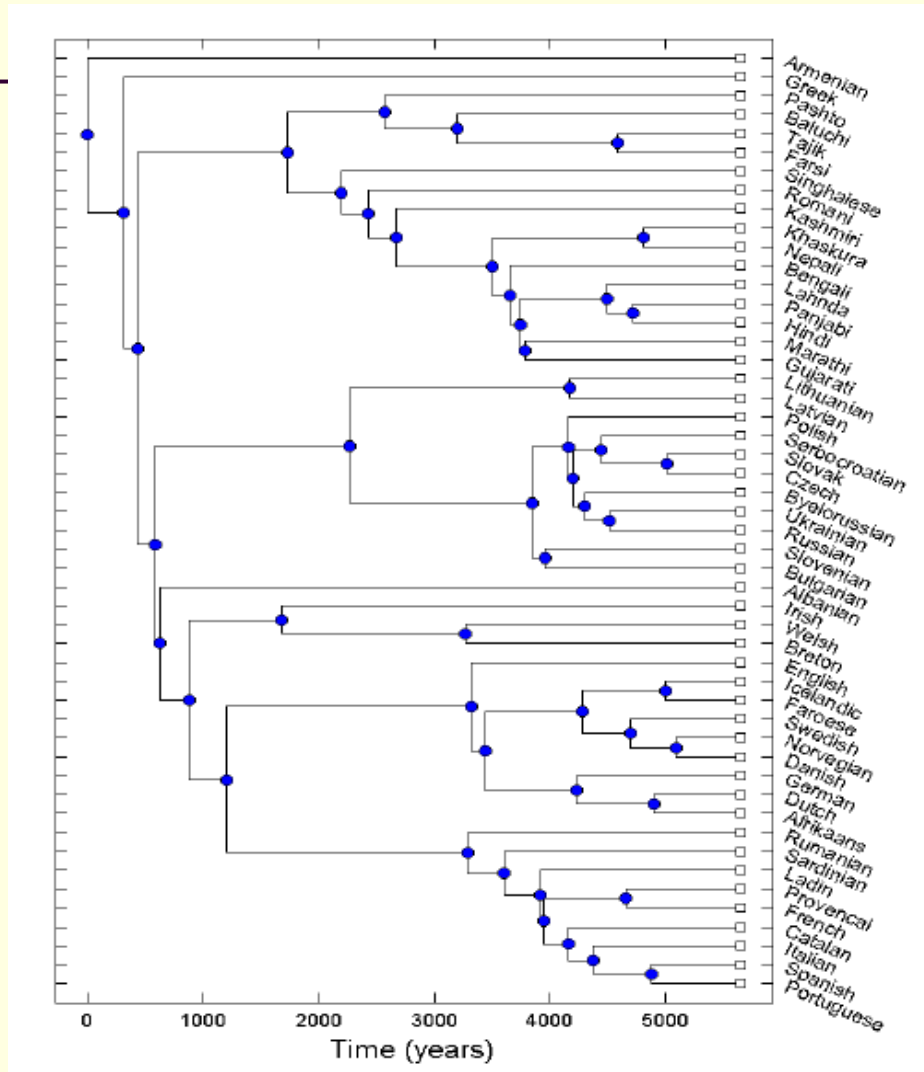
- Teoria współodczuwania
- Teoria śpiewu przy pracy – „hej-ho”
- Teoria pieśni

-
- William Jones (1786) – hipoteza wspólnego pochodzenia sanskrytu, greki i łaciny
 - August Schleicher – teoria biologicznego naturalizmu („Stammbaumtheorie”)
 - Próba rekonstrukcji języka praindoeuropejskiego

Drzewo genealogiczne rodziny języków indoeuropejskich



Indo-European family tree -revisited



Długa przerwa...

- 1866 – „dekret” paryskiego Towarzystwa Lingwistycznego o zaprzestaniu prac nad pochodzeniem języka
- B. Delbrück: „Nie wiemy, czy istniał prajęzyk rodzaju ludzkiego; wiemy natomiast na pewno, że nie możemy go odtworzyć przez porównywanie [języków].”

... i powrót do tematu

- Stephen Jay Gould – język to efekt uboczny rozwoju mózgu; jego pojawienie się było skokowe
- Terrence Deacon – język rozwijał się stopniowo w wyniku adaptacji jako osiągnięcie cywilizacyjne i poznawcze
 - selekcja działała na mózg człowieka
 - a także na język

-
- Steven Pinker – „*język jako adaptacja*”
 - Richard Dawkins – język służy do manipulowania innymi ludźmi
 - Noam Chomsky – język to wrodzona umiejętność człowieka
 - Language Acquisition Device (language organ)

Różne stanowiska

- **NATYWIŚCI:** zdolności językowe to zestaw pewnych specyficznych zdolności kognitywnych zakodowanych w naszym genomie
- **EMPIRYŚCI:** do objaśnienia naszych zdolności językowych wystarczy zastosować ogólne teorie uczenia się

Dalsze podziały

- Nie-adaptacjoniści: „no fitness advantage”
 - Język to efekt uboczny innych naszych zdolności, a jego powstanie i rozwój nie były związane z żadnymi korzyściami selekcyjnymi
 - Chomsky: “it seems rather pointless... to speculate about the evolution of human language from simpler systems...” (1972,p.70)
 - Bickerton – także podziela pogląd, że język powstał nagle, skokowo; nie ewoluował, ale pojawił się od razu w pełnej formie

Dalsze podziały c.d.

- Adaptacjoniści – powstanie i rozwój języka mogą być wyjaśnione jedynie przez naturalne mechanizmy selekcji
 - Pinker i Bloom – rozwój języka dokonywał się stopniowo, małymi krokami, w sposób ciągły, w długim okresie czasu
 - Zbyt dużo „kosztownych” ewolucyjnie adaptacji sprzyjających rozwojowi zdolności językowych

Efekt Baldwina

- Niezbędne dla powstania komunikacji były procesy uczenia się – jak zatem ewolucyjnie wytłumaczyć rozwój zdolności językowych?
- Odrzucamy lamarckizm – nie można dziedziczyć (genetycznie) umiejętności nabytych.
- Baldwin zauważył, że procesy uczenia się wpływają na zwiększenie szans przeżycia, ewolucja kulturowa może więc zmienić naturalną.

Efekt Baldwina

- Zachowania wyuczone mogą w dłuższym okresie czasu stać się zachowaniami instynktownymi.
- Dziedziczone są nie wyniki uczenia się, ale zdolności do uczenia się danych zachowań

Język jako złożony system adaptacyjny

- Dwa poziomy badania problemów językowych:
 - osobniczy
 - populacyjny

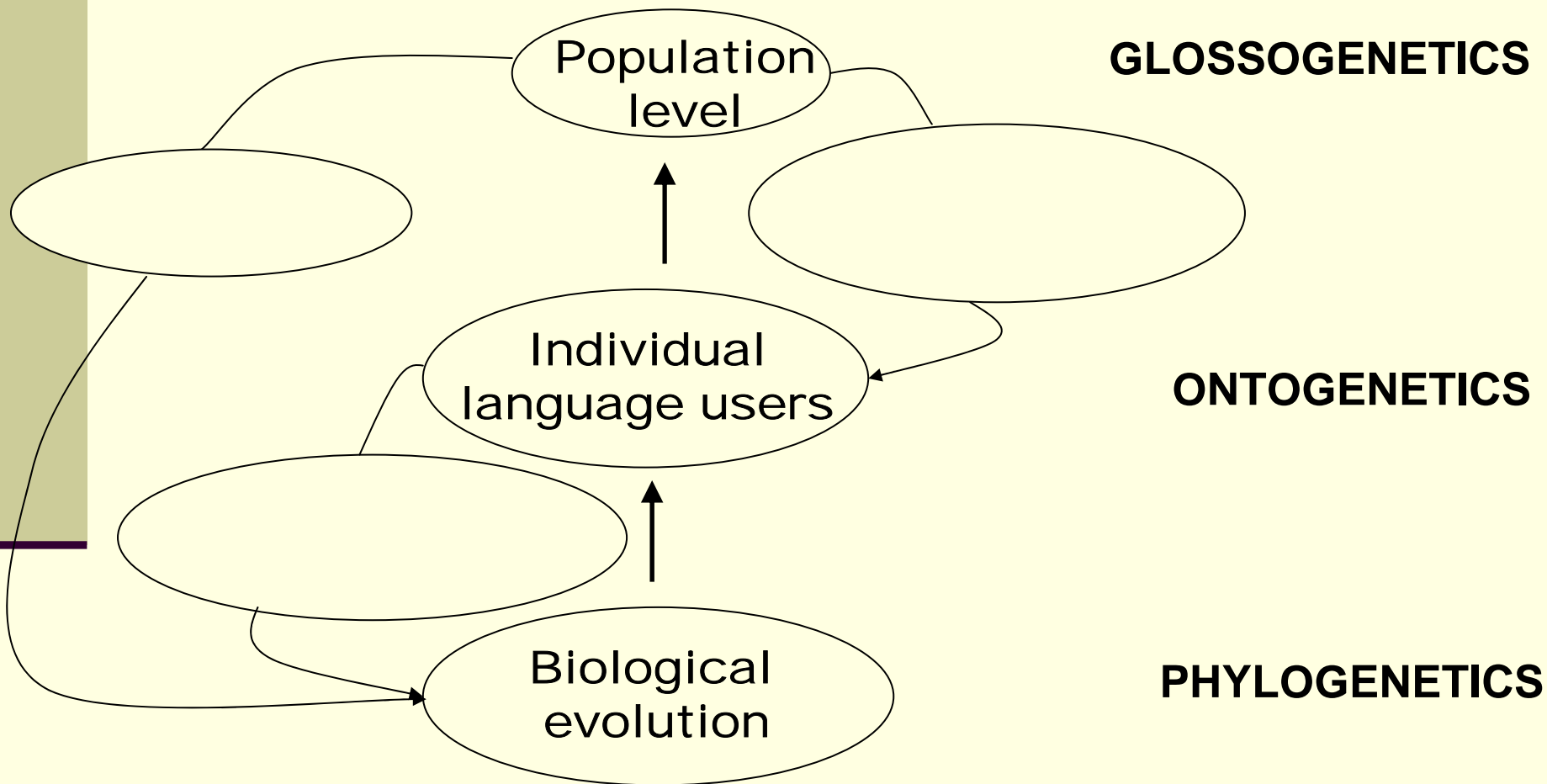
- Oczywiście oba poziomy wzajemnie się warunkują i współtworzą.

Język jako złożony system adaptacyjny

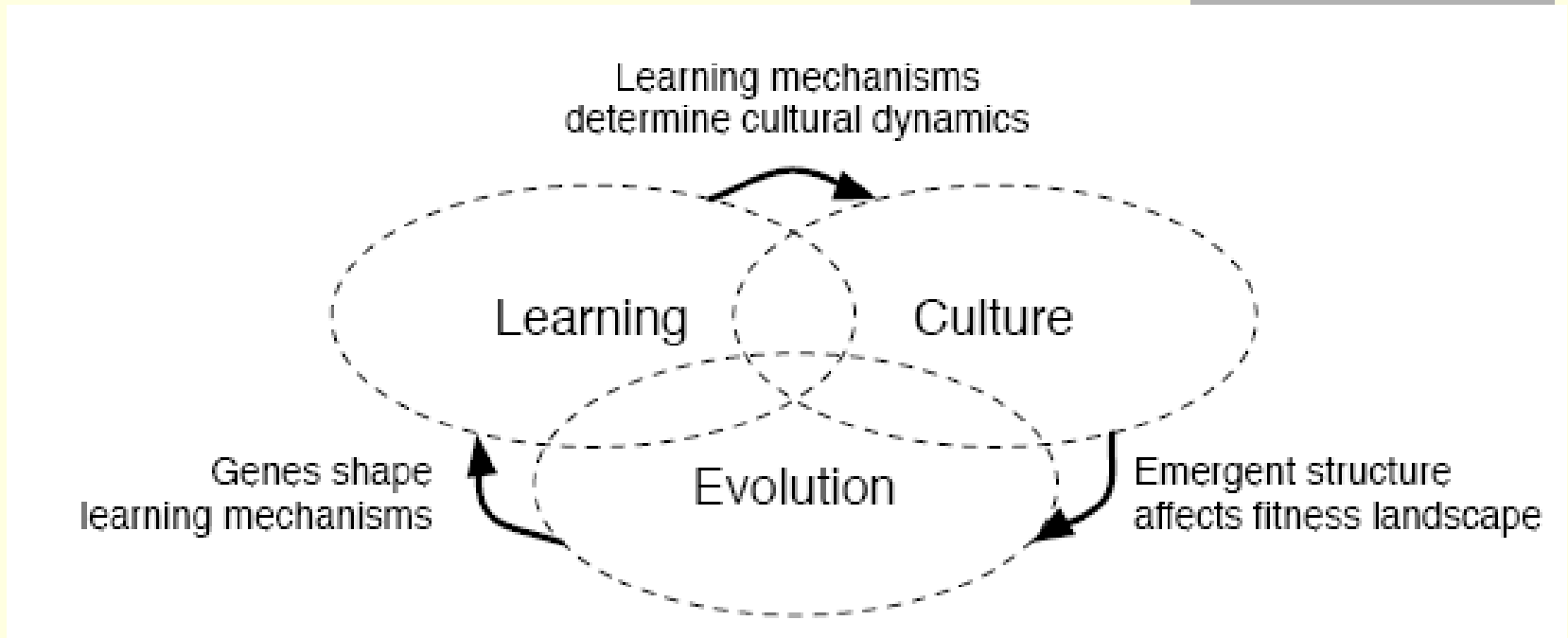
- Różne skale czasowe:
 - ontogenetyczna
 - glossogenetyczna
 - filogenetyczna

- Mimo działania w tych różnych skalach czasowych, odpowiednie procesy nie są od siebie niezależne

Język jako złożony system adaptacyjny



Język jako złożony system adaptacyjny



Language emerges from the interactions of three dynamical systems operating on different timescales: individual learning, cultural transmission and biological evolution.

Język jako złożony system adaptacyjny

- niezbędne bardzo złożone modele
- układy nieliniowych równań różniczkowych (jak np. równania Lotka-Volterra)
- komputerowe symulacje systemów wielo-agentowych
- badanie języka powstającego w trybie „bottom-up”, jako wynik licznych interakcji w grupie agentów wyposażonych w pewne funkcje lingwistyczne

Język jako złożony system adaptacyjny

- Język ewoluuje i komplikuje się zgodnie z zasadami biologii ewolucyjnej takimi jak selekcja
- Cel: zrozumienie podstawowych własności wspólnych dla wszystkich języków
- Luc Steels
 - Origins of structure
 - Origins of coherence
 - Origins of meaning
 - Realism

Język jako złożony system adaptacyjny

- Dwie grupy modeli wielo-agentowych
 - Iterowany model uczenia się
 - Wymiana międzypokoleniowa
 - Gry językowe (Luc Steels)
 - Naming game model
 - Interakcje w ramach jednego pokolenia egalitarnych agentów

Język jako złożony system adaptacyjny

- Lipowscy – ewolucyjna wersja gry w nazywanie
- Trzy podstawowe aspekty wpływające na rozwój języka:
 - Uczenie się
 - Kultura
 - Ewolucja

Język jako złożony system adaptacyjny

- Agenty komunikują się, ale także rozmnażają, mutują, umierają
- Ich zdolności językowe mogą wpływać na ich ewolucję
- Gwałtowne przejście „biologiczno-lingwistyczne” skokowa zmiana wartości tak zdolności jak i „dokonań” językowych
- Przy założeniu ciągłego wzrostu częstości komunikacji, zamiast jednego jest seria przejść

Język jako złożony system adaptacyjny

- Wzajemny wpływ procesów lingwistycznych i biologicznych
- Efekt Baldwina – uczenie się wpływa na „fitness” osobnika i na genetyczne zakodowanie zdolności językowych

MODEL

- Sieć kwadratowa o boku L
- Jeden obiekt
- Akt komunikacji: mówca używa jednego słowa ze swojego słownika
 - Sukces o ile słuchacz zna to słowo
 - Porażka w przeciwnym przypadku

MODEL

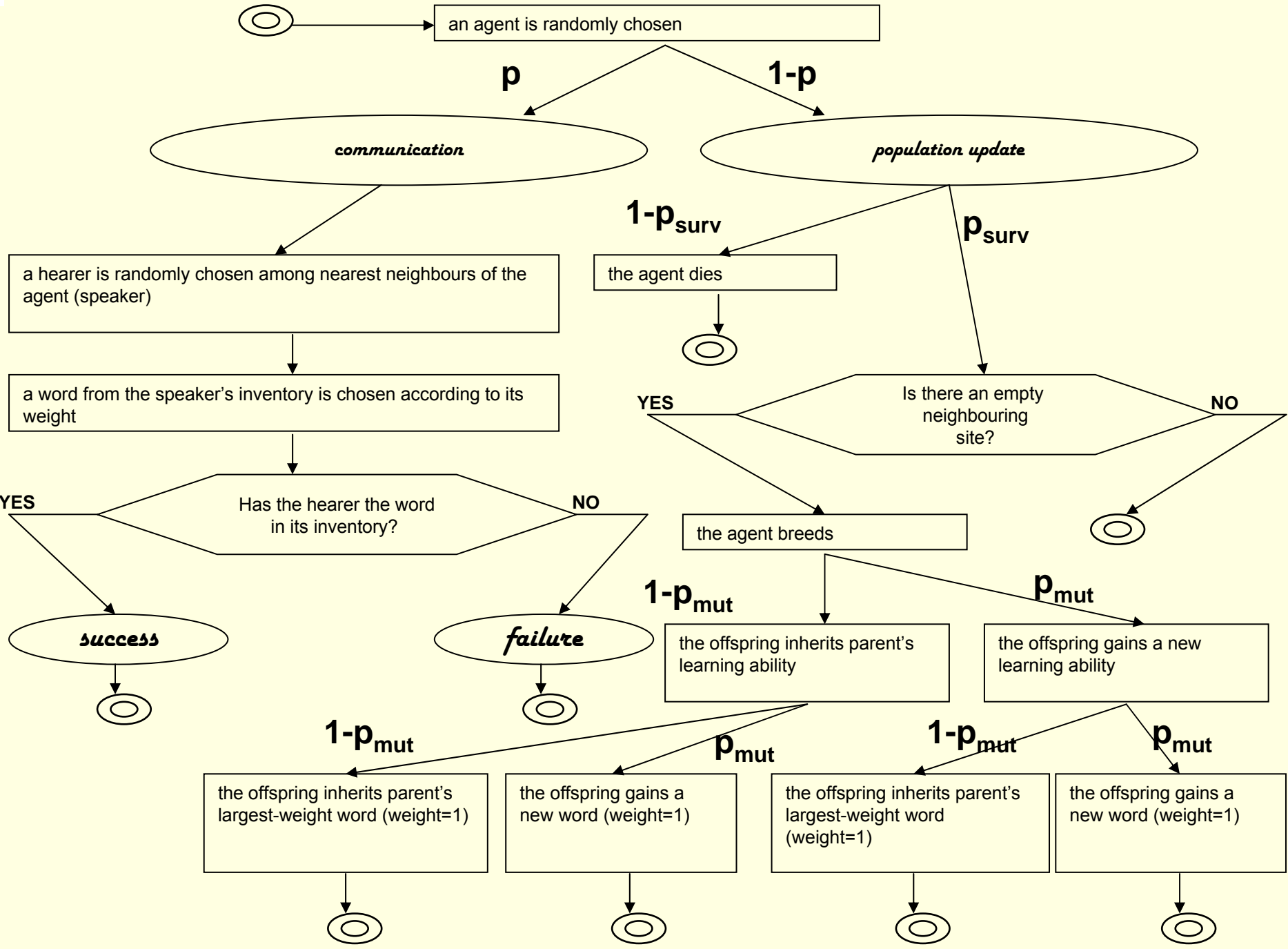
- Słowa mają określone (dodatnie) wagi
- Agenty mają określone zdolności językowe
 - Sukces – obaj zwiększają wagi danego słowa o swoją zdolność językową
 - Porażka
 - Mówca zmniejsza wagę danego słowa i ewentualnie usuwa je ze słownika, gdy waga staje się ujemna
 - Słuchacz dodaje dane słowo do słownika

■ Elementarny krok symulacji:

- Albo akt komunikacji
(z prawdopodobieństwem komunikacji p)
- Albo aktualizacja stanu populacji (z pr. $1-p$)
 - Albo agent umiera (z pr. $1-p_{\text{surv}}$)
 - Albo agent przeżywa (z pr. p_{surv})

$$p_{\text{surv}} = \exp(-at) [1 - \exp(-b \sum_j w_j / \langle w \rangle)]$$

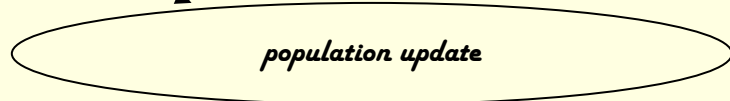
- Agent rozmnaża się (o ile ma wolny sąsiadujący węzeł)
 - Z pr. p_{mut} następuje mutacja potomka
 - Z pr. $1-p_{\text{mut}}$ potomek dziedziczy zdolności językowe
 - W obu przypadkach:
 - Z pr. p_{mut} następuje „mutacja” języka
 - Z pr. $1-p_{\text{mut}}$ potomek dziedziczy język



an agent is randomly chosen

p

1-p



a hearer is randomly chosen among nearest neighbours of the agent (speaker)

a word from the speaker's inventory is chosen according to its weight

the agent dies

1-p_{surv}

p_{surv}



YES

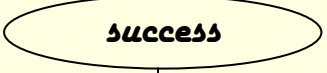
Is there an empty neighbouring site?

NO

YES

Has the hearer the word in its inventory?

NO



the agent breeds



1-p_{mut}

the offspring inherits parent's learning ability

p_{mut}

the offspring gains a new learning ability

1-p_{mut}

the offspring inherits parent's largest-weight word (weight=1)



p_{mut}

the offspring gains a new word (weight=1)



1-p_{mut}

the offspring inherits parent's largest-weight word (weight=1)



p_{mut}

the offspring gains a new word (weight=1)



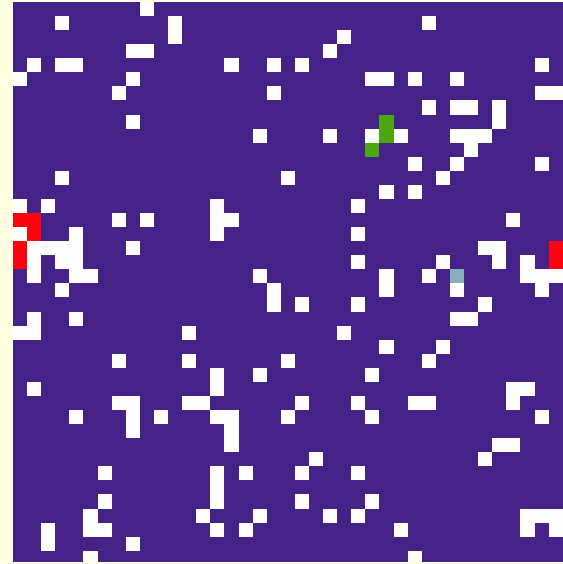
WYNIKI

- Symulacje dla $L=60$ i $p_{\text{mut}}=0.001$
(lub $L=80$ i $p_{\text{mut}}=0.01$)
- Początkowo agenty na każdym węźle z losowo wybranymi słowem i zdolnością język.
- Jeśli prawdopodobieństwo komunikacji p jest małe (np. 0.15), to model pozostaje w fazie „lingwistycznego nieuporządkowania”
- Przy wzroście p następuje w pewnym momencie (ok. 0.23) gwałtowne przejście do fazy lingwistycznej spójności

SYMULACJE



$p=0.15$

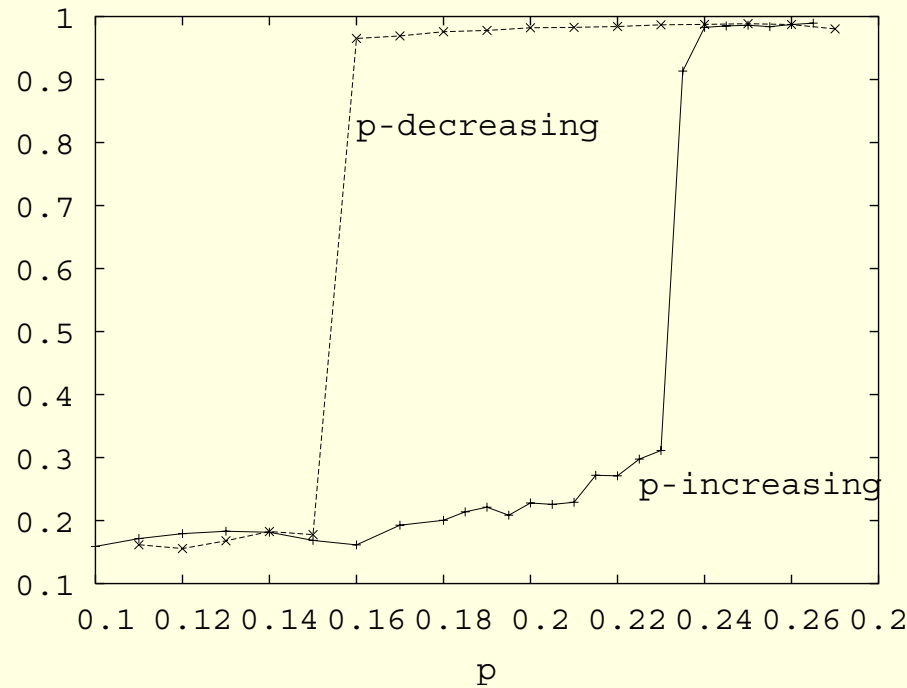
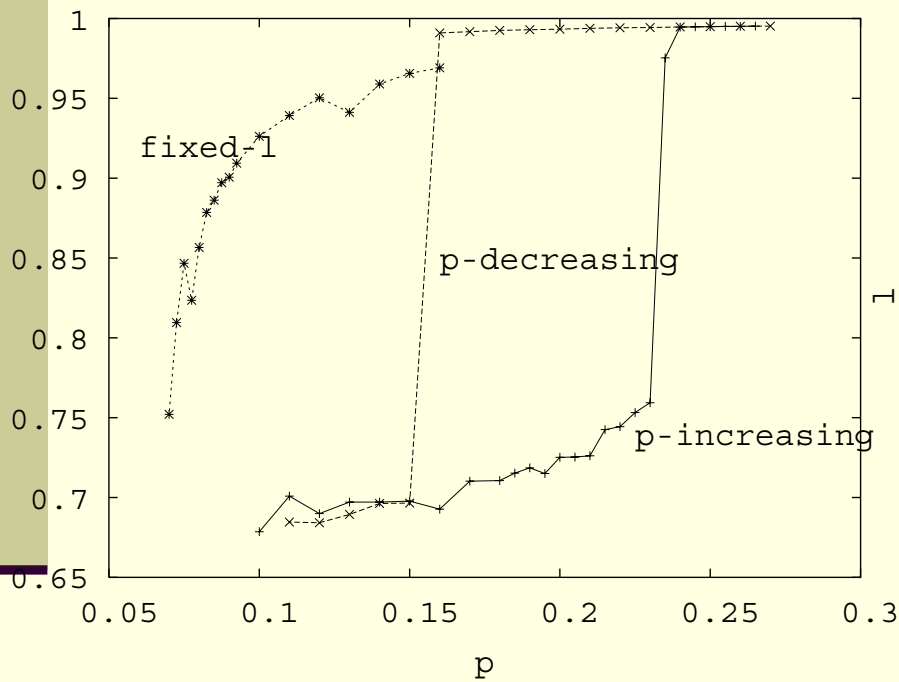


$p=0.30$

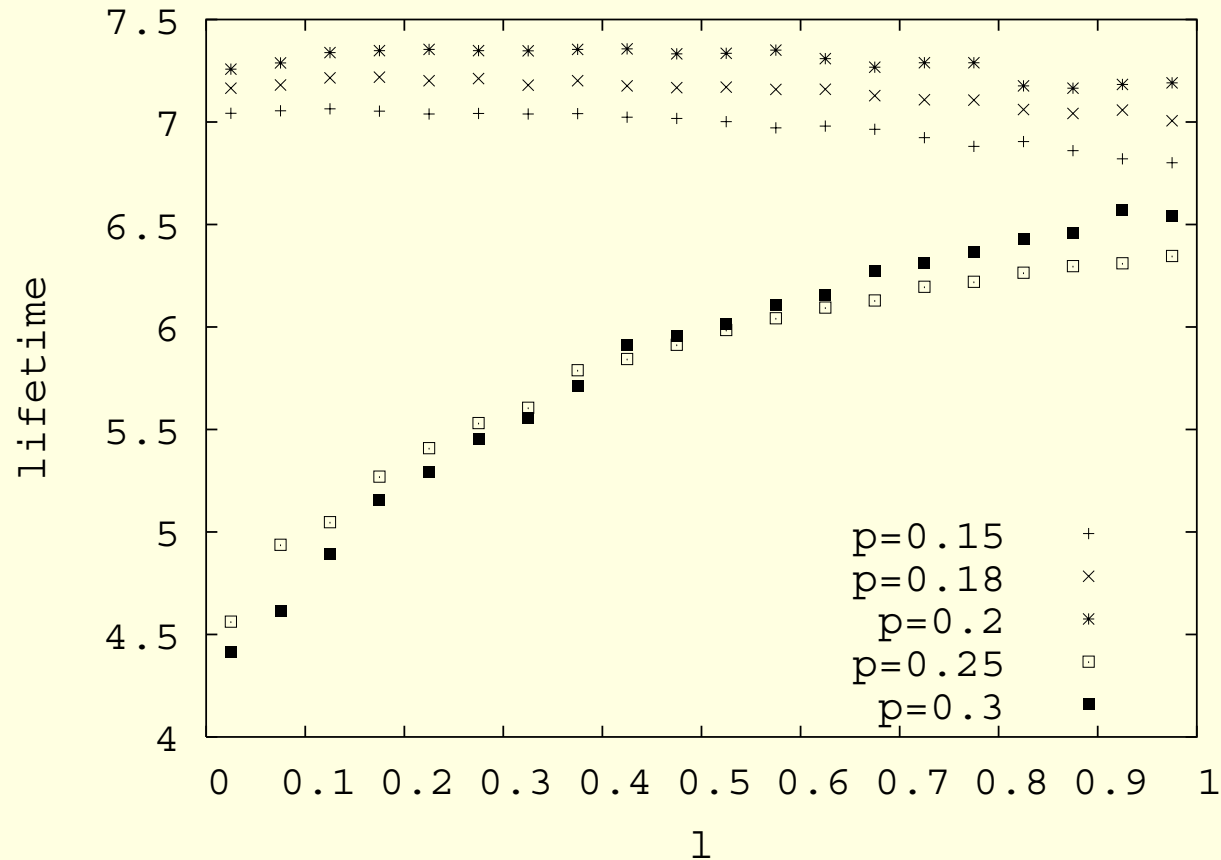
p (prawdopodobieństwo komunikacji)

s – średni sukces komunikacyjny

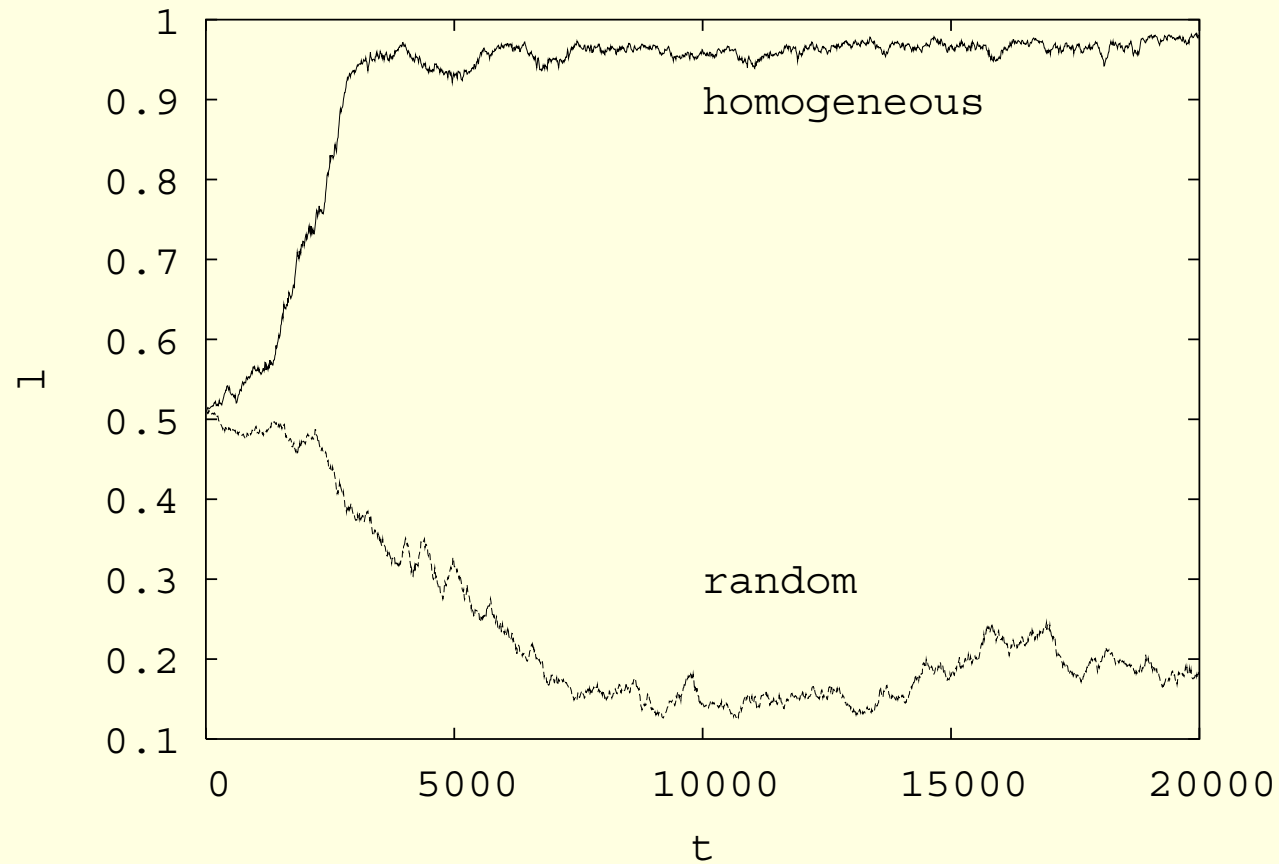
l – średnie zdolności językowe



Zależność długości życia agentów od ich zdolności językowych



DYNAMIKA MODELU



EFEKT BALDWINA

- Sukces komunikacyjny i zdolności językowe skokowo zmieniają wartość dla tej samej wartości prawdopodobieństwa komunikacyjnego – co świadczy o ścisłym powiązaniu czynników lingwistycznych (kulturowych) z biologicznymi.
- To, jak uczenie się (języka) może stać się korzystne ewolucyjnie, można wyjaśnić przez tzw. efekt Baldwina.

EFEKT BALDWINA

- Ciśnienie selekcyjne faworyzuje te osobniki, które dzięki swoim cechom wrodzonym odnoszą większe korzyści lub ponoszą mniejsze koszty pewnych pożądanых zachowań – a więc np. te, które łatwiej się uczą.
- Dziedziczy się nie umiejętności, ale zdolności do ich nabywania.

EFEKT BALDWINA

w naszym modelu

- Gdy p jest małe (poniżej wartości krytycznej), to klastery agentów używających tego samego języka są też małe i agentom nie „opłaca się” być zdolnym do nauki języka – stąd ich zdolności pozostają na raczej niskim poziomie.

EFEKT BALDWINA

w naszym modelu

- Gdy p wzrasta powyżej wartości krytycznej, to akty komunikacji występują znacznie częściej, przez co klastery rosną na tyle, że posiadanie dużych zdolności językowych zaczyna się opłacać: zwiększają one bowiem liczbę sukcesów, a co za tym idzie, prawdopodobieństwo przeżycia.

EFEKT BALDWINA

w naszym modelu

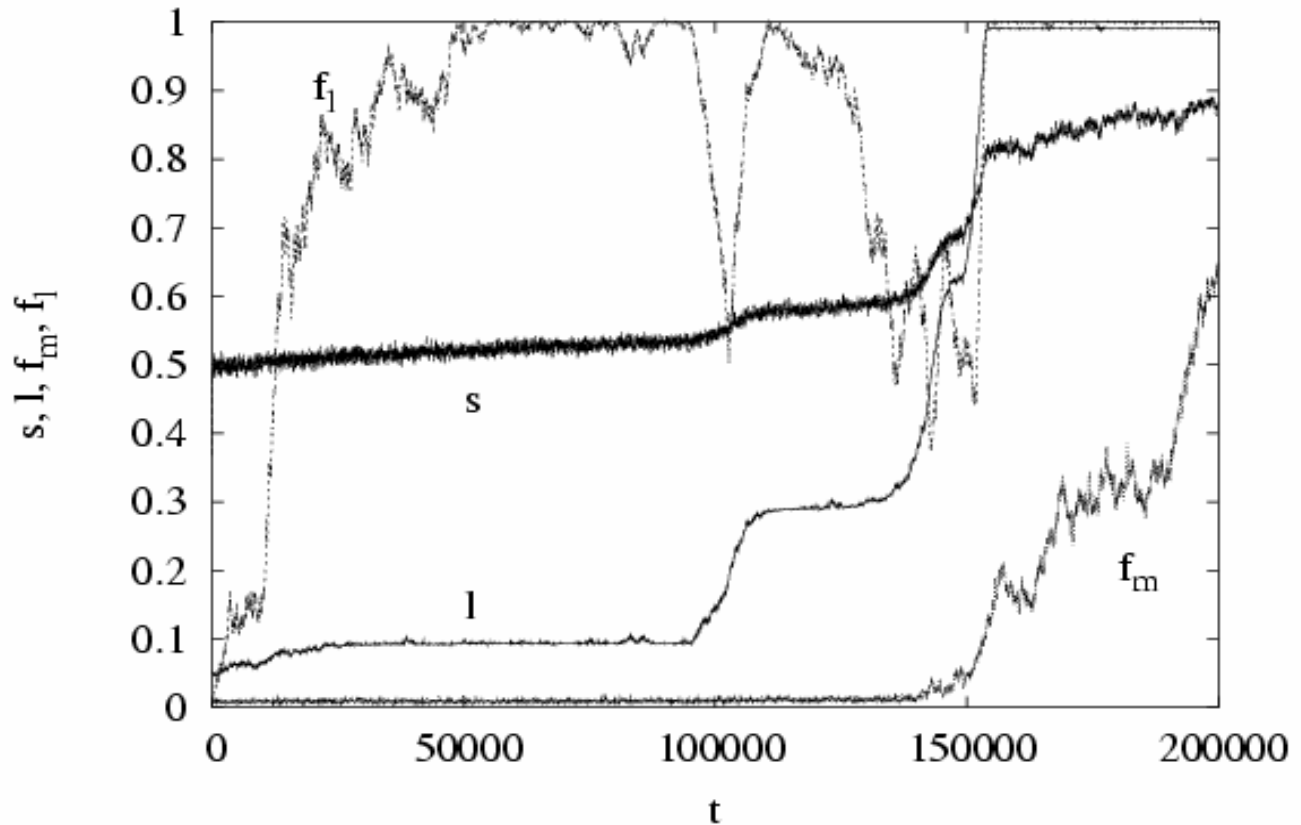
- Klastery agentów o dużych dokonaniach lingwistycznych (które są wynikiem zachowania wyuczonego) można więc uważać za nisze ekologiczne, które ukierunkowują ewolucję, faworyzując osobniki o dużych zdolnościach językowych – a to jest właśnie efekt Baldwina.

EFEKT BALDWINA

w naszym modelu

- W wyniku dodatniego sprzężenia zwrotnego (duże zdolności językowe ułatwiają komunikację, co zwiększa klaster, które faworyzują dalszy rozwój zdolności językowych), następuje nieciągłe przejście fazowe zarówno dla średniej liczby sukcesów, jak i dla zdolności językowych.
- Czy jest to istotne w kontekście ewolucji człowieka?

Zakładamy, że akty komunikacji w toku ewolucji człowieka stawały się stopniowo coraz częstsze



-
- Wielostopniowa dynamika modelu różni się od poprzednio prezentowanej jednostopniowej – zapewne na skutek różnego sposobu zmiany (ciągłej lub skokowej) prawdopodobieństwa komunikacji
 - Tempo i sposób zachodzenia zmian kulturowych – czwarta skala czasowa? – mogą więc także wpływać na ewolucję języka