

Modelowanie zjawisk kolektywnych

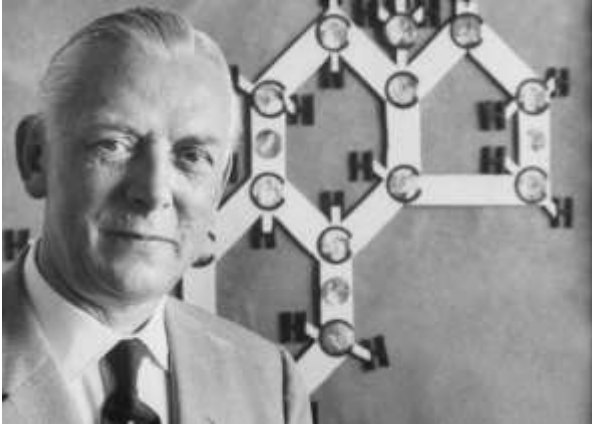
Transfer informacji

dr hab. Piotr Fronczak

Transfer informacji



- Większość owadów prowadzi życie samotnicze. Owady społeczne nieustannie komunikują się ze sobą.
- Komunikacja wizualna, akustyczna, dotykowa, chemiczna.
- Feromon (phero - przekazywać i ormo - pobudzać) - wydzielany lub wydalany czynnik chemiczny, który wywołuje odpowiedź społeczną u członków tego samego gatunku.
- Pszczoły, trzmiele, osy, mrówki, termity
- Feromony płciowe, alarmowe, odstraszające, agregacyjne, markujące terytorium lub drogę, społeczne (wyrażające dominację, rozróżniające kasty lub partnera, regulujące stosunki społeczne).
- Ponad 50 feromonów pszczelich, 12 różnych feromonów alarmowych



Adolf Butenandt

noblista

1959 – pierwszy zidentyfikowany feromon



Pułapki feromonowe, ponad 1000 różnych feromonów

„Kuracje” hormonalne na kobietach

Ścieżki feromonowe – sprzężenie zwrotne dodatnie



Ścieżki feromonowe



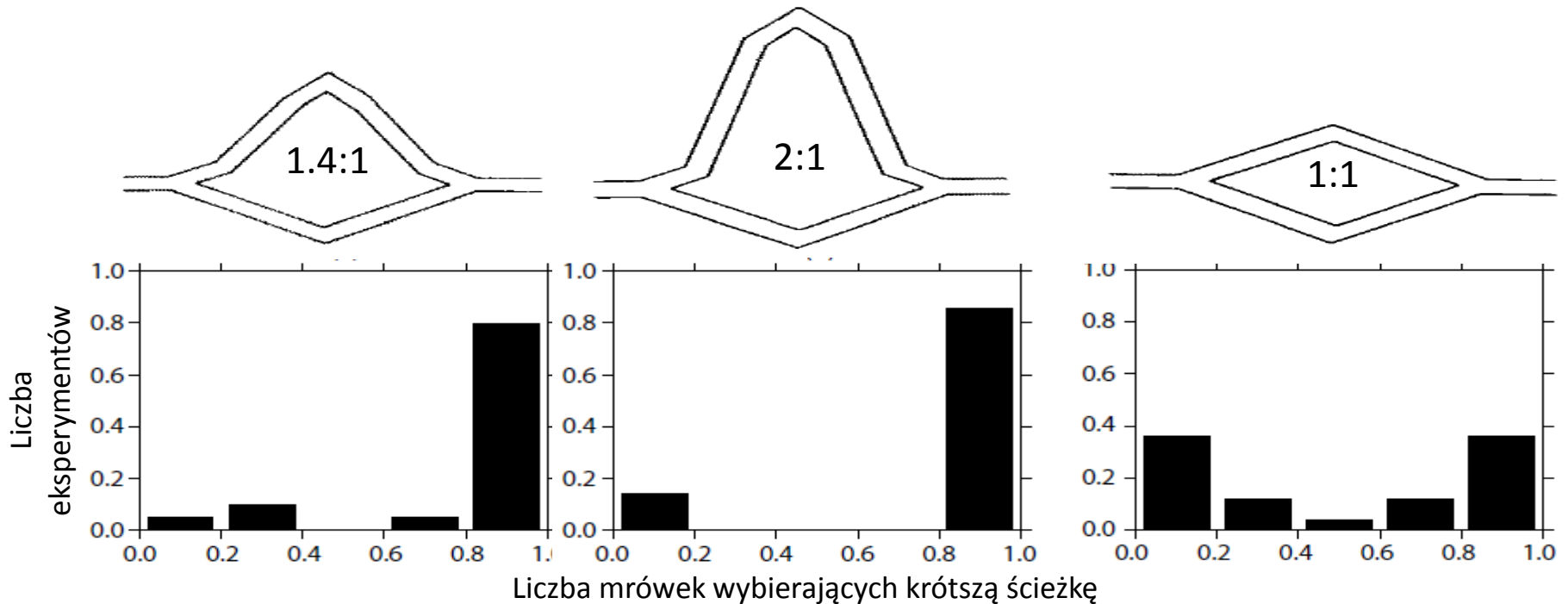
Mrówki faraona tworzą ścieżkę feromonową.

D.E. Jackson, F.L.W. Ratnieks

Communication in ants

Current Biology, vol. 16, no 15, pp 570-574. (2006).

Ścieżki feromonowe - optymalizacja



R. Beckers, J.-L. Deneubourg, S. Goss
Trails and U-turns in the selection of a path by the ant *Lasius niger*
Journal of Theoretical Biology, vol. 159, pp. 397-415 (1992)

Model żerowania mrówek. Złamanie symetrii

Mrówki mają do dyspozycji dwie ścieżki między mrowiskiem a pokarmem.

Prawdopodobieństwo wyboru ścieżki i

$$\frac{(x_i + k)^\alpha}{(x_i + k)^\alpha + (x_j + k)^\alpha}$$

x_i - ilość feromonu na ścieżce i

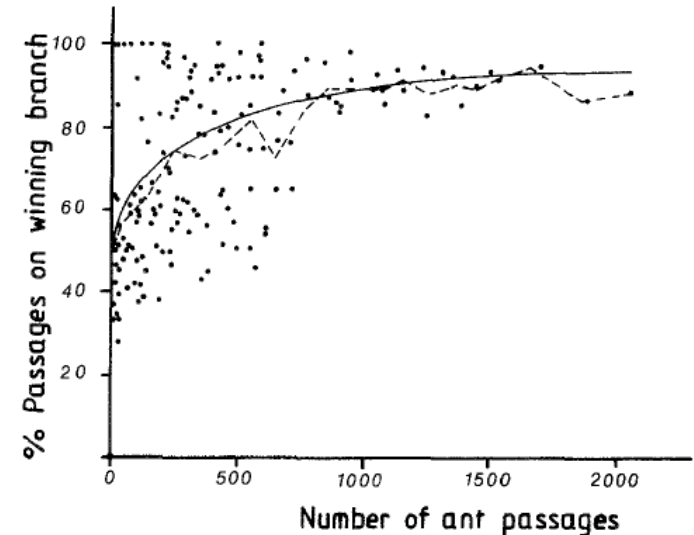
α - stopień nieliniowości wyboru

$\alpha \gg 1 \wedge x_i \gtrsim x_j \Rightarrow p(x_i) \gg p(x_j)$ - wzmocnienie niewielkich różnic

k - stopień atrakcyjności ścieżki nieoznakowanej feromonem (im większe k , tym więcej feromonu na ścieżce potrzeba do preferencji danej ścieżki)

Lasius Niger (hurtnica czarna): $\alpha = 2, k = 6$

Iridomyrmex humilis (mrówka argentyńska): $\alpha = 2, k = 20$



Dodatkowe założenia:

- Stała liczba mrówek φ
- Mrówki wracają tą samą ścieżką, którą wyszły
- Ilość feromonu pozostawionego na ścieżce zależy od długości ścieżki lub jej jakości q_i
- Feromon ulatnia się w stałym tempie v

Tempo zmian koncentracji feromonu (lub ilości mrówek na ścieżce):

$$\frac{dx_1}{dt} = \varphi q_1 \frac{(x_1 + k)^\alpha}{(x_1 + k)^\alpha + (x_2 + k)^\alpha} - vx_1$$

$$\frac{dx_2}{dt} = \varphi q_2 \frac{(x_2 + k)^\alpha}{(x_1 + k)^\alpha + (x_2 + k)^\alpha} - vx_2$$

Zbadajmy rozwiązania równowagowe dla dwóch jednakowych ścieżek:

$$q_1 = q_2 = q$$

$$\frac{dx_1}{dt} = \frac{dx_2}{dt} = 0$$

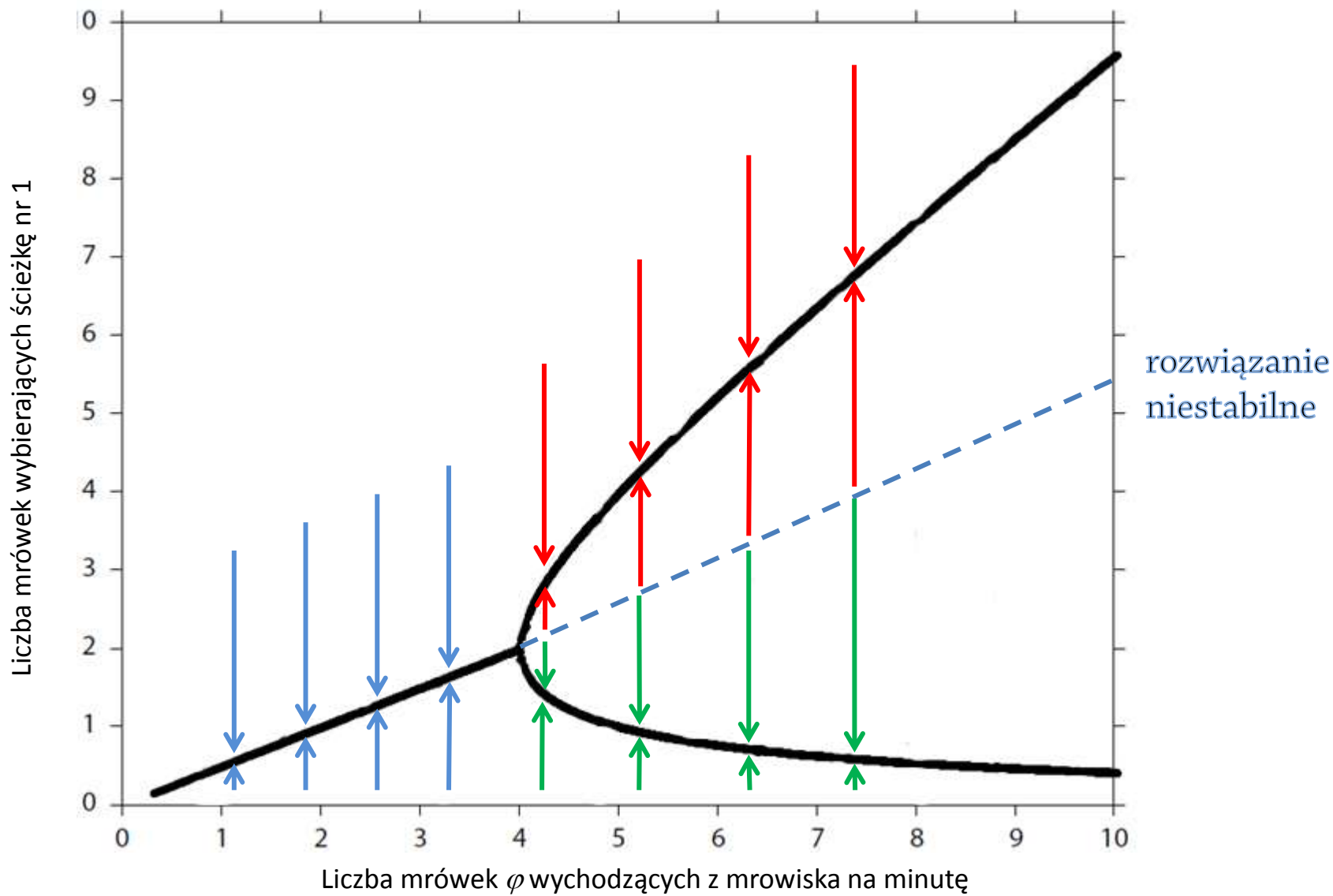
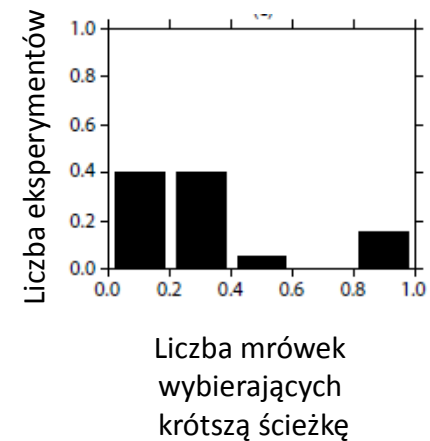
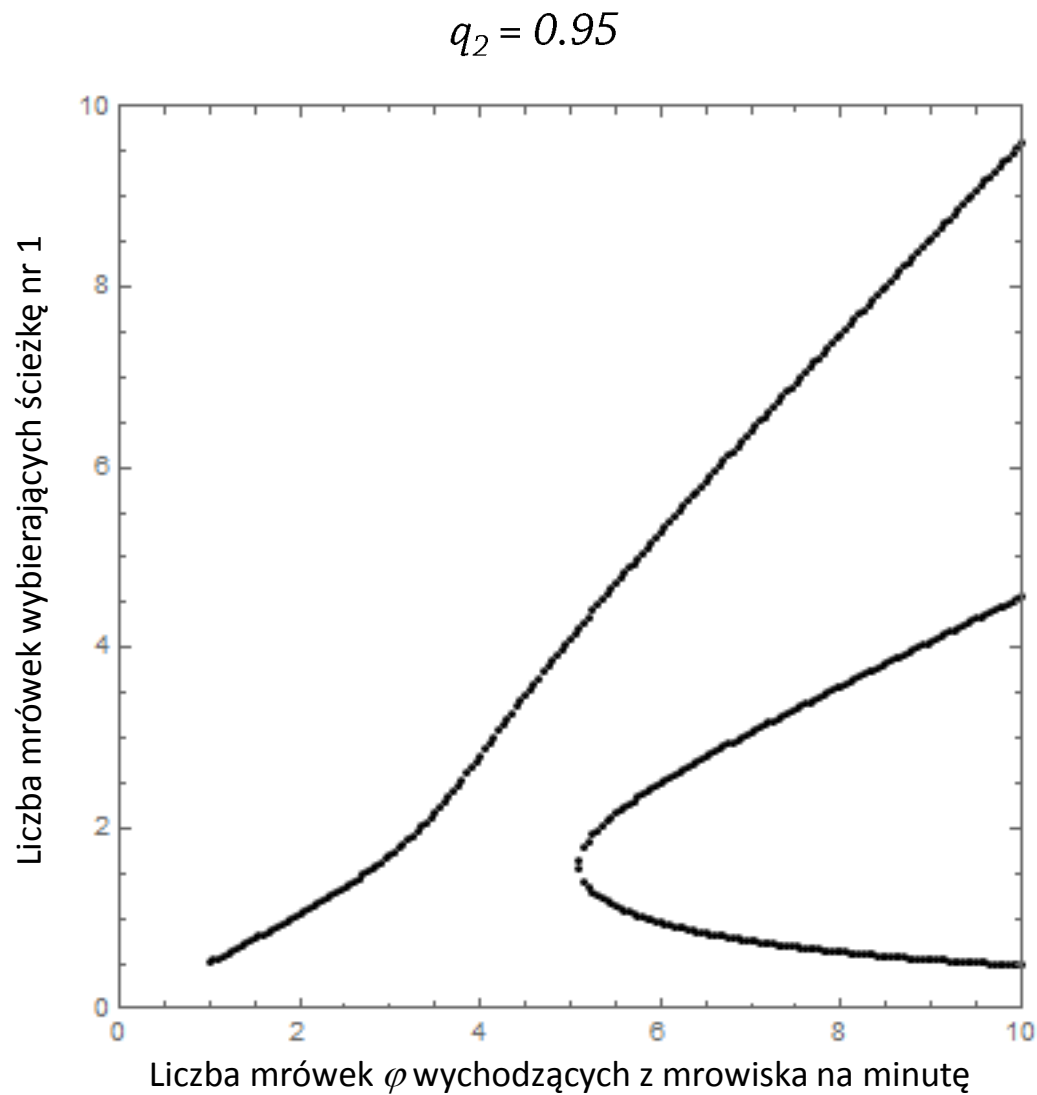


Diagram bifurkacyjny dla $q = v = 1, k = 2$.

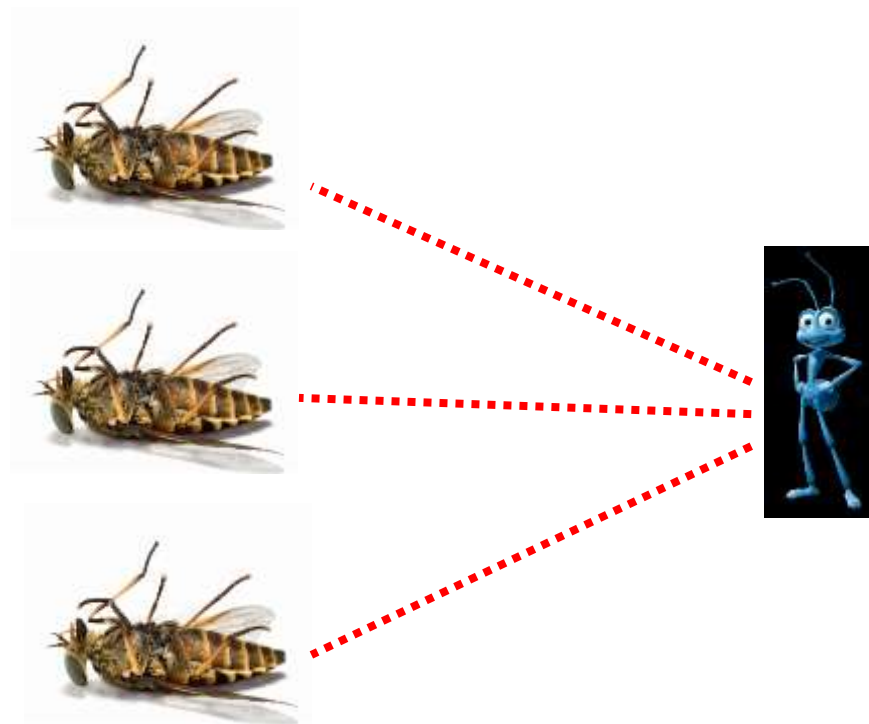


rozwiązanie
niestabilne

Diagram bifurkacyjny dla $q_1 = v = 1, k = 2$.

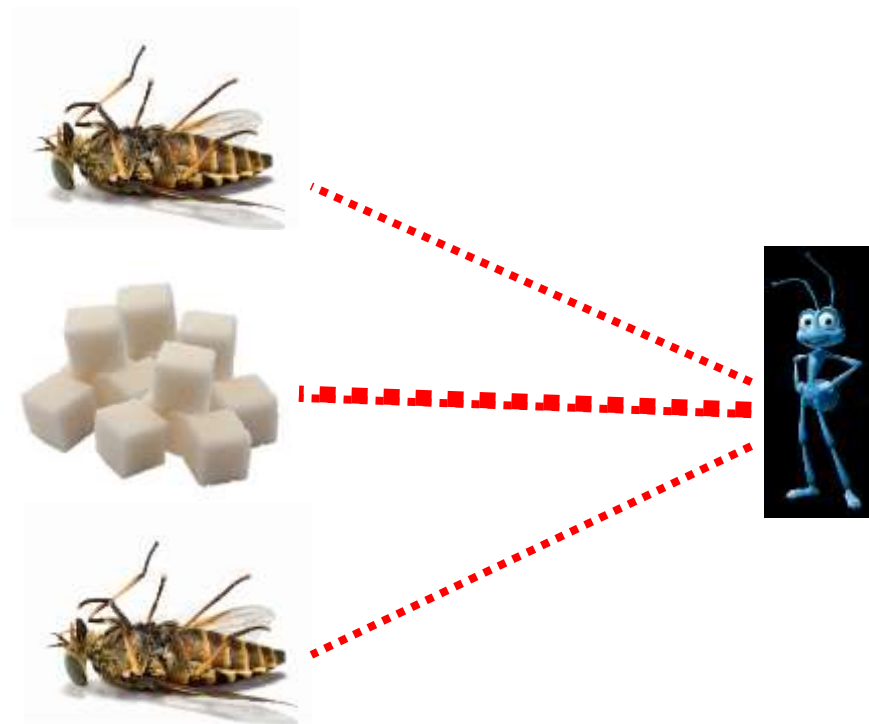
Złamanie symetrii – wyjaśnienie funkcjonalne

W przypadku możliwości wyboru między wieloma celami, złamanie symetrii zachodzi, gdy opłacalnym jest dla większości grupy, by podejmować tę samą decyzję.



Złamanie symetrii – wyjaśnienie funkcjonalne

W przypadku możliwości wyboru między wieloma celami, złamanie symetrii zachodzi, gdy opłacalnym jest dla większości grupy, by podejmować tę samą decyzję.



Taniec pszczół

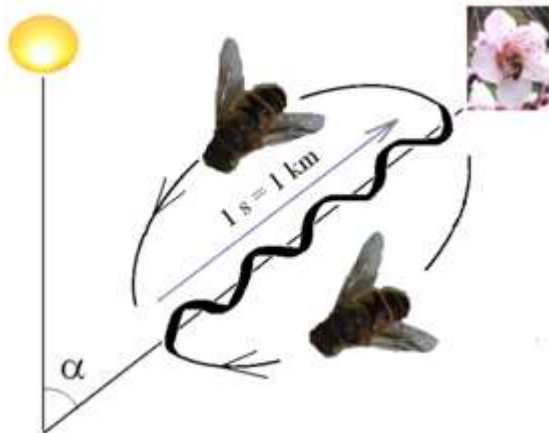


Karl von Frisch
Nobel - 1973



Two Million Blooms

www.youtube.com/watch?v=Ui2qwC9pev0



Sprężenie zwrotne dodatnie!

Model rekrutacji u pszczół

Pszczoły mają do dyspozycji dwa karmniki (źródła pokarmu).

Prawdopodobieństwo wyboru karmnika i

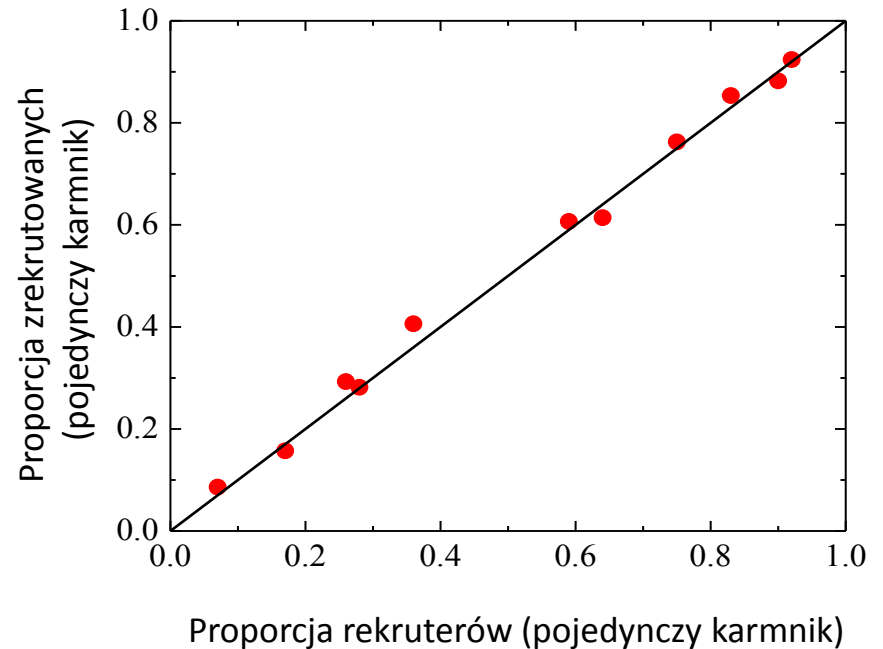
$$\frac{x_i + k}{x_i + x_j + 2k}$$

x_i - liczba pszczół rekrutujących do karmnika i

u mrówek $\frac{(x_i+k)^\alpha}{(x_i+k)^\alpha + (x_j+k)^\alpha}$

$\alpha = 1 \Rightarrow$ zależność liniowa

Gdy liczba tańczących pszczół jest mała \Rightarrow
wybór karmnika = 1/2



Thomas D. Seeley and William F. Towner

Tactics of dance choice in honey bees: do foragers compare dances?

Behavioral Ecology and Sociobiology, vol. 30, p. 59-69 (1992)

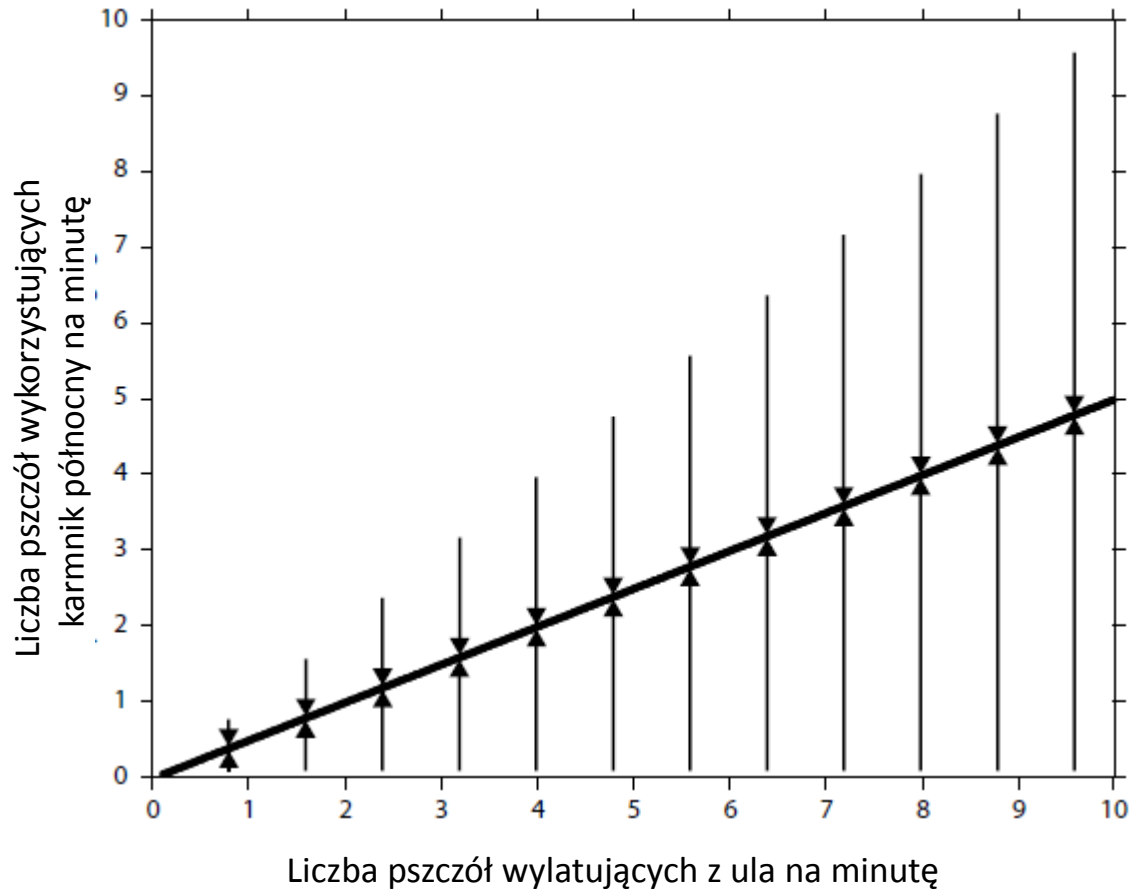
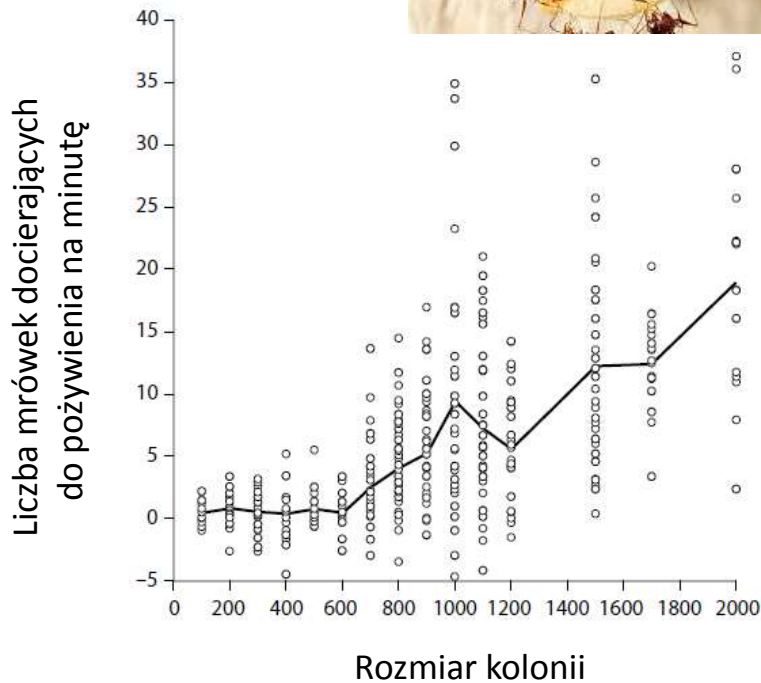
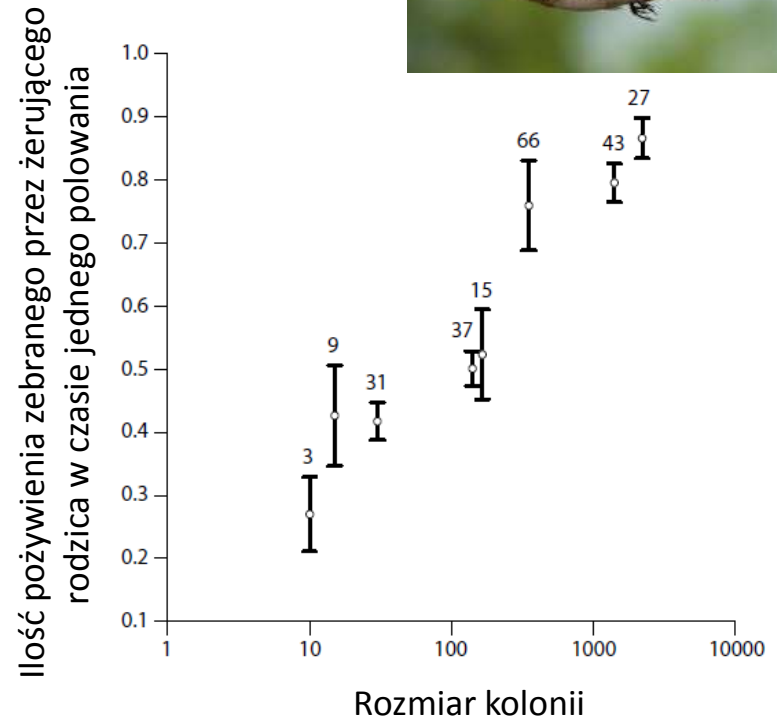


Diagram bifurkacyjny dla $q_1 = q_2 = v = 1, k = 2$.

Wielkość grupy ma znaczenie



M. Beekman, D. J. T. Sumpter, F. L. W. Ratnieks
Phase transition between disordered and ordered
foraging in Pharaoh's ants
The Proc. Nat. Acad. Sci. vol. 98, pp. 9703–9706 (2001)



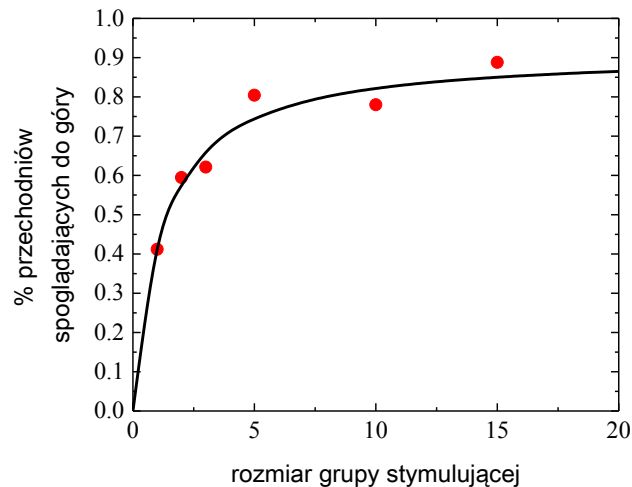
C. R. Brown, M. B. Brown
Coloniality in the cliff swallow
Chicago: The University of Chicago Press (1996)

Wielkość grupy ma znaczenie

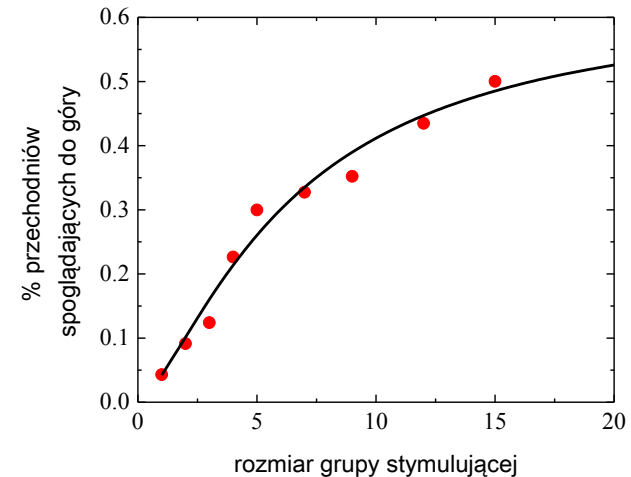
$$P(\uparrow) = m \frac{N^\alpha}{N^\alpha + k^\alpha}$$



$\alpha = 1.05$



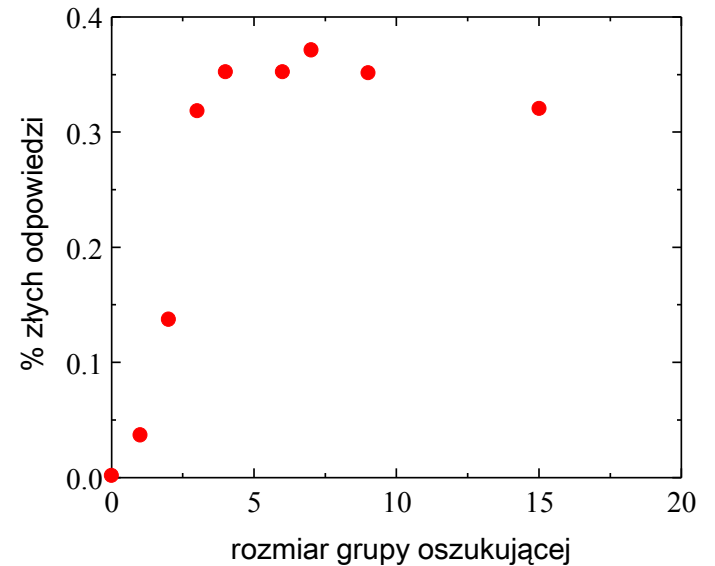
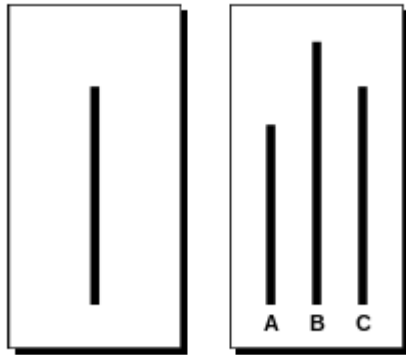
$\alpha = 1.42$



S. Milgram, L. Bickman, L. Berkowitz
Note on the drawing power of crowds of different size
Journal of Personality and Social Psychology, 13, 79-82 (1969)

Joseph J. Hale
Automated tracking and collective
behaviour in locusts and humans
PhD Thesis, University of Oxford (2008)

Wielkość grupy ma znaczenie



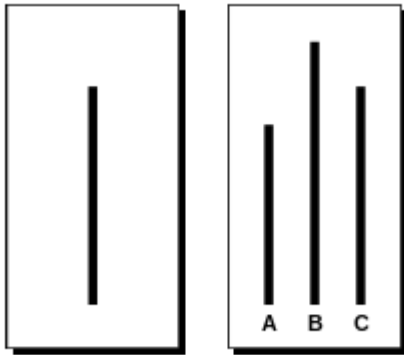
S.E. Asch
Opinions and social pressure
Scientific American vol. 193, 31–25S (1955).

YOU CAN'T LICK
YOUR ELBOW
NEW SERIES
TONIGHT 10/9C



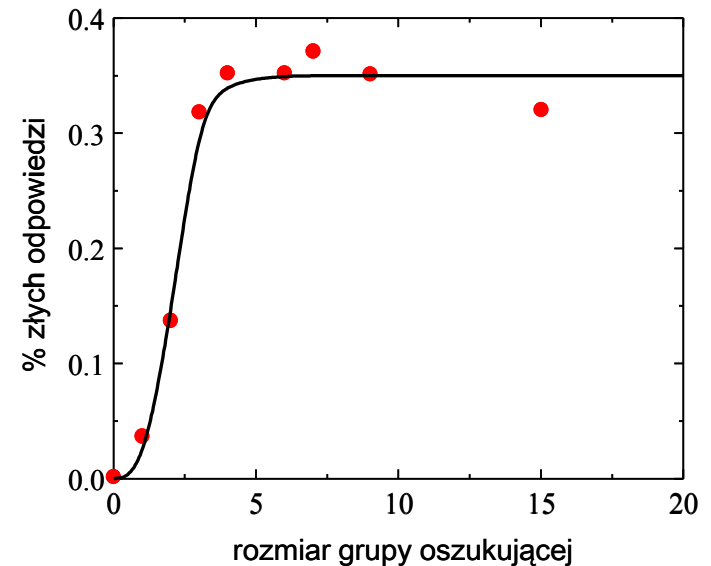
#braingames

Wielkość grupy ma znaczenie



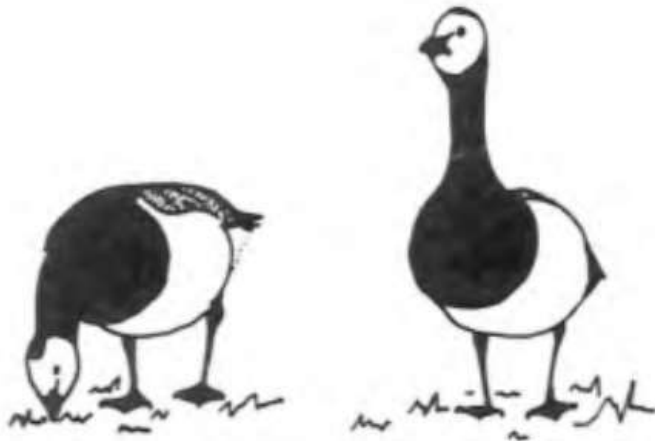
W przypadku możliwości wyboru między wieloma celami, złamanie symetrii zachodzi, gdy opłacalnym jest dla większości grupy, by podejmować tę samą decyzję.

$$\alpha = 6.66$$



S.E. Asch
Opinions and social pressure
Scientific American vol. 193, 31–25S (1955).

Niecelowy transfer informacji



	25 dziobiących 5 niedziob.	15 dziobiących 15 niedziob.
Liczba lądujących stad	16	7
Prawdopodobieństwo lądowania ptaka	74% (1115/1510)	14% (140/1001)
Czas osobo-minut spędzony przy modelach	38219	2048

R. Drent, P. Swierstra
Goose flocks and food finding: field experiments with Barnacle Geese in winter
Wildfowl vol. 28, pp.15-20 (1977)

Model producentów i darmozjadów – pasożytnictwo społeczne

Agenci wybierają jedną z dwóch strategii.

Producenci – przeszukują teren i znajdują pożywienie w stałym tempie. Zjadają część pożywienia α , ale resztą, $1 - \alpha$, muszą się podzielić z darmozjadami, którzy nie szukają pożywienia, tylko obserwują producentów.



W teorii gier, wypłata (zysk) producenta w zbiorze N ptaków, wśród których, część s stanowią darmozjady wynosi

$$w_p(s) = \alpha + \frac{1 - \alpha}{1 + sN}.$$

Wypłata darmozjada wynosi

$$w_s(s) = \frac{(1 - \alpha)(1 - s)N}{1 + sN}$$

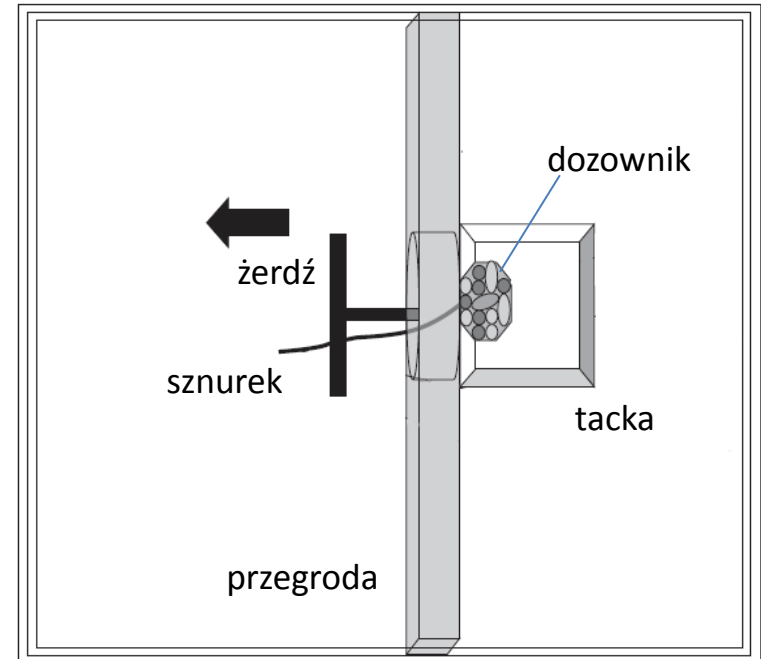
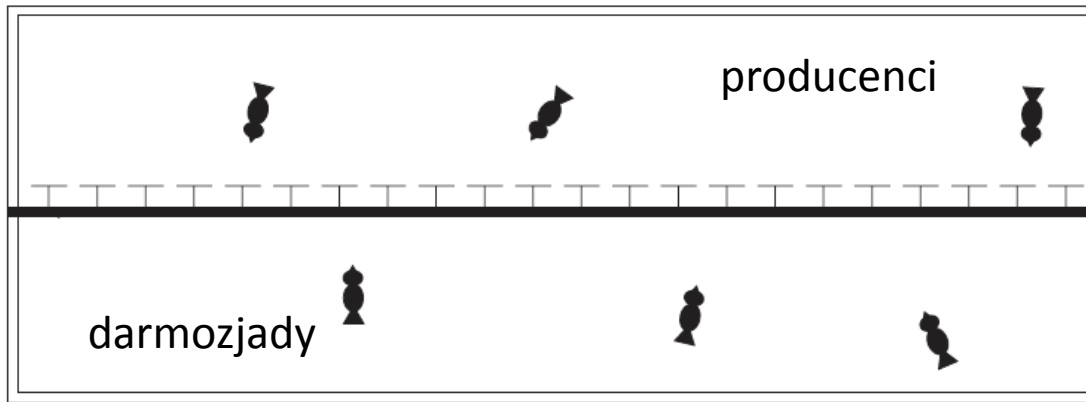
$s = 0 \Rightarrow w_p(0) = 1 \wedge w_s(0) = (1 - \alpha)N$ - jeśli reszty pożywienia jest dużo lub ptaków jest dużo, to opłaca się być darmozjadem.

$s = 1 \Rightarrow w_s(1) = 0 \wedge w_p(1) > 0$ - opłaca się być producentem.

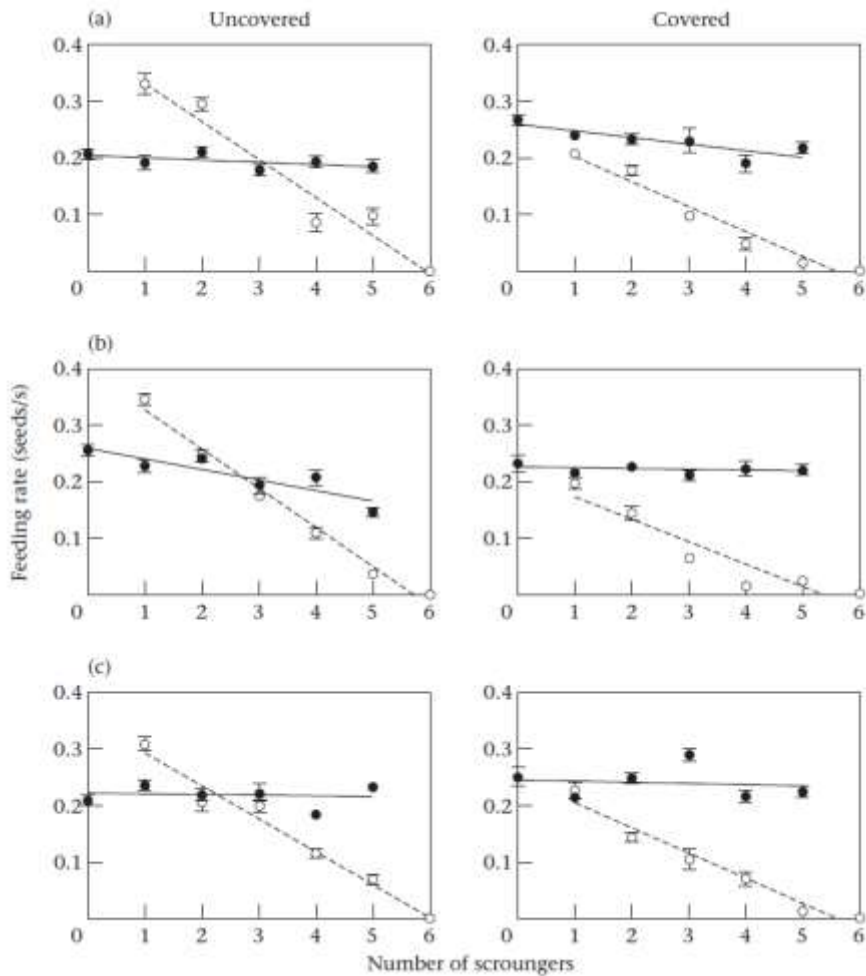
Ewolucyjnie stabilna wartość s^* z warunku $w_p(s^*) = w_s(s^*)$

$$s^* = (1 - \alpha) - 1/N$$

Eksperyment – mniszki muszkatowe



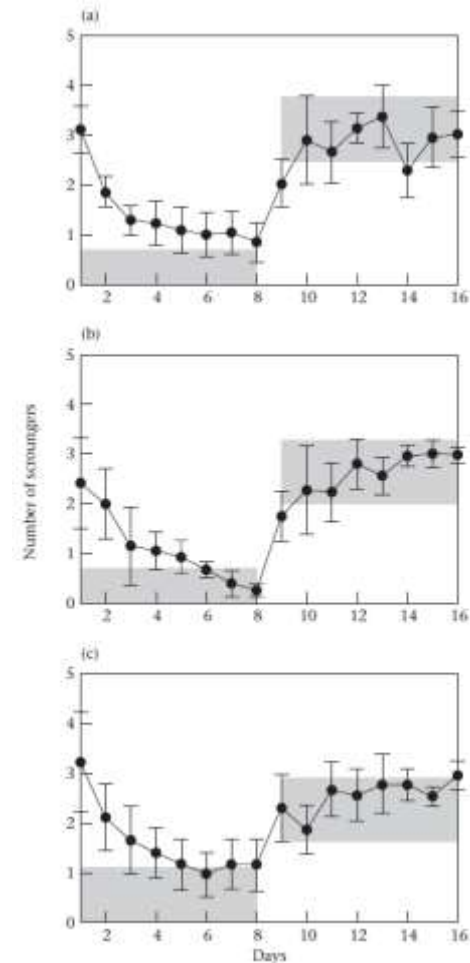
K. Mottley, L.-A. Giraldeau
Experimental evidence that group foragers can
converge on predicted producer–scrounger equilibria
Animal Behaviour, vol. 60, pp. 341–350 (2000)



Średnie tempo zjadania ziaren przez ptaka w przedziale producentów (●) i darmozjadów(°) dla trzech grup testowych. $N = 6$.

K. Mottley, L.-A. Giraldeau

Experimental evidence that group foragers can converge on predicted producer–scrounger equilibria
Animal Behaviour, vol. 60, pp. 341–350 (2000)



Średnia liczba ptaków żerujących w przedziale darmozjadów w kolejnych dniach. W dniach 1-8, tacki były przykryte, w dniach 9-16 odkryte.