

Jasiński M (2009) Synergia z punktu widzenia ekogenetyki ilościowej: o złotych miksturach, magicznej interakcji i unikalnej korelacji typów i środowisk. W: Synergia w relacjach interpersonalnych i w organizacjach. Wybrane zagadnienia z psychologii kierowania. Towarzystwo Naukowe KUL – WSB-NLU, Lublin – Nowy Sącz (Z. Uchnast, red.), str. 37-52.

## **Synergia z punktu widzenia ekogenetyki ilościowej: o złotych miksturach, magicznej interakcji i unikalnej korelacji typów i środowisk**

**Michał Jasiński**

### **Synergy from the viewpoint of quantitative ecogenetics: golden mixtures, magical interactions and unique correlations of types and environments**

The problems encountered by ecogenetics of finding the best combinations of varieties and environments are very similar to those facing researchers or consultants in the areas of management, organizational behavior and applied psychology. It is difficult to define synergy and determine when synergy occurs, because that depends on our hypothesis and on the choice of a measurement scale. For example, multiplicative interactive effects of combined factors which could be interpreted as synergistic disappear if the measurements are expressed on a logarithmic scale. Nonlinearity of reaction norms of interacting types makes it almost impossible to interpolate and extrapolate the synergy effects beyond the described set of conditions. Effects declared as beneficially synergistic may also have side-effects or negative long-term consequences.

**Wyższa Szkoła Biznesu – National-Louis University, Zielona 27, 33-300 Nowy Sącz; email: [jasienski@post.harvard.edu](mailto:jasienski@post.harvard.edu)**

### **WSTĘP: O RELACJACH SYNERGICZNYCH I EKOGENETYCE**

Synergia to pojęcie często nadużywane i, w efekcie, istniejące na ogół tylko jako pusty ozdobnik. Wierzę, że sytuację może uzdrowić spojrzenie na dyscypliny nauki, w których zjawiska o charakterze, który może być uznany za „synergiczny“, stanowią standardowy obiekt badań. Ponadto, analiza przykładów płynących z dyscyplin wykorzystujących metody ilościowe może stanowić kurację na intelektualne rozluźnienie wielu nieilościowych obszarów nauk humanistycznych i społecznych, w których słowo „synergia“ przywoływane jest w wysoce nieprecyzyjny sposób. Ekogenetyka jest dziedziną, która może być źródłem inspiracji dla badaczy innych specjalności próbujących okiełznać pojęcie synergii oraz dla praktyków próbujących wykrzesać z synergii pożytek.

Ekogenetyka jest umiejscowiona na styku biologii ewolucyjnej, genetyki populacyjnej, statystyki oraz wielu dziedzin praktycznych: rolnictwa, leśnictwa, rybactwa itp. W pewnym sensie, cała praktyka hodowli roślin rolniczych lub drzew w szkółkach leśnych jest poszukiwaniem efektów synergii pomiędzy cechami gatunków lub odmian i warunkami środowiskowymi, w których przeprowadzany jest eksperyment. Odmiany plonujące wyjątkowo dobrze w danych warunkach wilgotności, nasłonecznienia lub kwasowości gleby polecane są rolnikom lub leśnikom. Ekogenetyka, zmagając się od dawna z wyzwaniem oszacowania wpływów genetycznych i środowiskowych wspólnie budujących synergiczny efekt końcowy. Zbliży ją to do psychologii i dziedziny zachowań organizacyjnych, które starają się zrozumieć i w kontrolowany sposób generować synergiczne efekty w interakcjach między ludźmi oraz ich środowiskiem.

W ekogenetyce mówimy o genotypach i zmienności genetycznej. W kontekście psychologii albo nauk o organizacji i zarządzaniu chciałbym dokonać translacji tej genetycznej metafory. Główne przesłanie tego eseju opiera się na podobieństwie strukturalnym problemów, z którymi borykają się menedżerowie, ekogenetycy i hodowcy. Mianowicie, „genotyp” znajduje swoją paralelę np. w roli pełnionej w zespole przez pracownika (Belbin, 2003) albo w typie osobowości określonym według systemu Myers-Briggs Type Indicator. Może to być również narodowość albo rodzaj otrzymanego certyfikatu. Budowanie tej paraleli nie ma nic wspólnego z sugerowaniem podłoża genetycznego różnic między osobami reprezentującymi różne role Belbina. „Środowisko” – to, oczywiście, kultura organizacyjna firmy albo rodzaje istniejących szkoleń dla pracowników albo stan aktualnego milieu społecznego lub ekonomicznego (miasta, regionu, kraju). Można więc mówić o interakcji Typ x Region albo o kowariancji Typów i Regionów, tak jak w ekogenetyce mówi się o kowariancji Genotypów i Środowisk.

Relacje synergiczne mogą dotyczyć zarówno organizmu żywego i jego środowiska jak i dwóch, lub więcej, organizmów. Interesuje nas rodzaj interakcji pomiędzy obiektem i jego środowiskiem, między obiektami jako takimi, oraz sposób w jaki interakcje pomiędzy obiektami zależą od środowiska, w jakim interakcje się odbywają. Ten sposób rozumowania biegnie równolegle do filozofii, z której wypływa statystyczna metoda analizy wariancji: całkowitą zmienność obserwowaną pomiędzy obiektami rozdzielamy na frakcje związane z istnieniem obiektów klasyfikowanych pod pewnym względem (np. płci lub wieku; czynnik A), obiektów klasyfikowanych pod innym względem (np. narodowości albo poziomu wykształcenia; czynnik B), warunków środowiskowych (np. klimat albo wysokość inflacji w danym kraju; czynnik C) oraz kilku poziomów interakcji pomiędzy nimi:  $A*B$ ,  $A*C$ ,  $B*C$ , oraz  $A*B*C$ . Synergia rozumiana jest tutaj jako wartość „extra“, wynikająca ze współdziałania kilku czynników i to w dodatku wartość przekraczająca proste sumowanie efektów tych czynników.

### **NORMA REAKCJI I INTERAKCJA GENOTYP-ŚRODOWISKO**

Paradygmat genetyki jako klucza do ludzkiego zdrowia, behawioru i, ogólnie, sukcesu życiowego niewątpliwie dominuje obecnie w publicznej świadomości (Hamer, Copeland, 1998). Metafora „genu na“ jakąś cechę (np. raka piersi, nadpobudliwość, talent muzyczny lub inteligencję) jest jednak obecnie bardzo nadużywana (Lewontin, Rose, Kamin, 1984). Bardzo często zapominamy, że istnienie różnic między genotypami może (w sensie statystycznym), tłumaczyć zaledwie małą frakcję zmienności w danej cesze.

Ogromna część całkowitej zmienności może być związana z istnieniem interakcji GxE, czyli zależnością efektów genetycznych od kontekstu środowiskowego (albo odwrotnie: zależnością efektów środowiskowych od podłoża genetycznego) (Brody, Crowley, 2002). Oznacza to również, że parametry genetyczne charakteryzujące populację, np. odziedziczalność (czyli miara zmienności między genotypami), nie są stałe i zmieniają się z warunkami środowiska.

W ekogenetyce, wykres pokazujący jak zmienia się wartość średnia fenotypu obliczona dla tego genotypu w różnych środowiskach (Rys. 1) nosi nazwę „normy reakcji“ genotypu (Lewontin, 1996). Słowo „norma” nie oznacza tutaj „wzorca”, do którego należy się dostosować, a tylko – „normalność”, czyli wartość średnią. Normy reakcji genotypów danego gatunku, badanych w pewnym zakresie warunków środowiskowych, mogą przecinać się, przebiegać równolegle, być skupione albo rozrzucone (np. Jasieński, Ayala, Bazzaz, 1997). Ponadto, pomiary różnych cech albo tych samych cech w różnym czasie, mogą dać (dla tej samej grupy genotypów) różne normy reakcji. Wnioski z analizy norm reakcji są na ogół ograniczone do konkretnych cech oraz do środowisk, w których organizm badano - uogólnienia na temat plastyczności dla całego gatunku są ryzykowne (Lewontin, 1974).

Co ważne, wielkość interakcji w sensie statystycznym nie jest miarą mówiącą cokolwiek o fenotypie konkretnego osobnika, czyli o tym w jakim stopniu jego fenotyp zależy od genotypu, a w jakim zależy od warunków, które ten osobnik napotkał podczas rozwoju embrionalnego, okresu dziecięcego i młodości (zob. też Oniszczenko, 2002; rozróżnienie to podkreśla np. Strelau, 1997). Efekty genotypowe i wpływów środowiskowych są w przypadku pojedynczej osoby splecione w sposób uniemożliwiający jakąkolwiek ich separację. Jest to niemożność immanentna, która wynika z natury procesów rozwojowych (Dawkins, 1994), a nie z niedociągnięć metodologicznych lub słabości analiz statystycznych (zob. też Plomin, DeFries, McClearn, McGuffin, 2001). Z tej przyczyny również wnioski z badań opartych o próby wielkości  $N = 1$  są w fundamentalny sposób osłabione (Jasieński, 1996a, 1996b).

Interakcja genotyp-środowisko jest ważnym zjawiskiem biologicznym (a nie tylko efektem statystycznym, który możemy oszacować poprzez zastosowanie odpowiedniego modelu analizy wariancji), ponieważ ujawniają się w niej specyficzne przystosowania różnych genotypów do różnych

środowisk. Różnice (w wartości jakiejś cechy fenotypowej) między genotypami lub odmianami nie są stałe, lecz zależą od tego, w jakim środowisku te genotypy badamy – różnice mogą być znikome w jednym środowisku i bardzo wyraźne w innym środowisku. Sens interakcji polega na tym, że nie możemy jednoznacznie określić jaki genotyp lub jaka odmiana jest “najlepsza”, ponieważ kolejność na “liście rankingowej” genotypów zależy od tego w jakim środowisku taki ranking przeprowadzamy (Rys. 2).

Przykładem interakcji TxE może być zarówno różna “jakość” odmian rośliny w 2 miejscowościach (czyli w różnych warunkach abiotycznych), jak i różna “jakość” genotypów jakiegoś gatunku owada na 2 gatunkach roślin żywicielskich (czyli w różnych warunkach biotycznych) albo różne średnie oceny otrzymywane przez absolwentów tego samego gimnazjum w różnych liceach (czyli w różnych warunkach socjalnych). A co to ma wspólnego z kwestią synergii? Synergia jest nieoczekiwane pojawienie się wyjątkowej jakości w jednej spośród wielu kombinacji typów i środowisk. Interakcja jest magiczna, ponieważ nie umiemy przewidzieć, w której z kombinacji (jeżeli w ogóle) pojawi się synergia.

### KIEDY INTERAKCJA JEST DOSTATECZNIE SILNA ABY BYĆ DOWODEM NA SYNERGIĘ?

A więc miarą synergii jest istotna statystycznie interakcja czynników, ale takie stwierdzenie jest niewystarczające. Mianowicie, musimy postawić pytanie: Kiedy wielkość interakcji pomiędzy czynnikami daje nam prawo zasugerowania, że obserwujemy synergii? Jest to kwestia umowna. Możemy zdecydować, że synergia pojawia się, jeżeli efekty współdziałania czynników przekraczają swoją wielkością efekty addytywne albo dopiero wtedy gdy są większe niż przewidywane efekty interakcji multiplikatywnej.

Tabela 1 ilustrowałaby więc zjawisko synergii – rezultat interakcji czynników A i B - obserwowane średnie w czterech komórkach tabeli różnią się bardzo znacznie (od 2 do 30). Można by sądzić, że wartość 30 jednostek to efekt spektakularny, zasługującego na miano synergicznego.

Tabela 1		czynnik A	
		poziom 1 (siła wpływu +1)	poziom 2 (siła wpływu +5)
Czynnik B	poziom 1 (siła wpływu +2)	efekt addytywny: 3 <b>efekt obserwowany: 2</b>	efekt addytywny: 7 <b>efekt obserwowany: 10</b>
	poziom 2 (siła wpływu +6)	efekt addytywny: 7 <b>efekt obserwowany: 6</b>	efekt addytywny: 11 <b>efekt obserwowany: 30</b>

Możemy jednak zdecydować, że prawdziwa synergia pojawia się dopiero wtedy, gdy efekty współdziałania czynników przekraczają swoją wielkością efekty multiplikatywne. Hipotetyczne wyniki przedstawione w Tabeli 2 nie dawałyby podstaw do stwierdzenia obecności synergii pomiędzy czynnikami A i B, ponieważ wyniki obserwowane są identyczne z efektami przewidywanymi przy założeniu interakcji multiplikatywnej.

Tabela 2		czynnik A	
		poziom 1 (siła wpływu +1)	poziom 2 (siła wpływu +5)
Czynnik B	poziom 1 (siła wpływu +2)	efekt addytywny: 3 efekt multiplikatywny: 2 <b>efekt obserwowany: 2</b>	efekt addytywny: 7 efekt multiplikatywny: 10 <b>efekt obserwowany: 10</b>
	poziom 2 (siła wpływu +6)	efekt addytywny: 7 efekt multiplikatywny: 6 <b>efekt obserwowany: 6</b>	efekt addytywny: 11 efekt multiplikatywny: 30 <b>efekt obserwowany: 30</b>

Gdybyśmy wyrazili siły wpływu oraz efekty ich interakcji na skali logarytmicznej (Tabela 3), efekt obserwowany (z Tabeli 1 i 2) stałby się identyczny także z efektem addytywnym, ponieważ transformacja logarytmiczna zmienia efekty multiplikatywne w addytywne. Jest to alternatywne uzasadnienie poglądu, że gdy interakcja wynika tylko z prostego mnożenia sił wpływów obu

czynników nie powinniśmy nazywać jej synergistyczną.

Tabela 3		czynnik A	
		poziom 1 (siła wpływu $\ln 1 = 0$ )	poziom 2 (siła wpływu $\ln 5 = +1.609$ )
Czynnik B	poziom 1 (siła wpływu $\ln 2 = +0.693$ )	efekt addytywny: $\ln 1 + \ln 2 = 0.693$ <b>efekt obserwowany: <math>\ln 2 = 0.693</math></b>	efekt addytywny: $\ln 5 + \ln 2 = 2.303$ <b>efekt obserwowany: <math>\ln 10 = 2.303</math></b>
	poziom 2 (siła wpływu $\ln 6 = +1.792$ )	efekt addytywny: $\ln 1 + \ln 6 = 1.792$ <b>efekt obserwowany: <math>\ln 6 = 1.792</math></b>	efekt addytywny: $\ln 5 + \ln 6 = 3.401$ <b>efekt obserwowany: <math>\ln 30 = 3.401</math></b>

Dopiero przy konfiguracji wyników takiej jak np. w Tabeli 4 moglibyśmy zadeklarować odkrycie synergii, czyli tej magicznej kombinacji dwóch czynników, która, niezależnie od skali pomiarowej, przekracza nie tylko addytywne, ale nawet nasze multiplikatywne oczekiwania.

Tabela 4		czynnik A	
		poziom 1 (siła wpływu +1)	poziom 2 (siła wpływu +5)
Czynnik B	poziom 1 (siła wpływu +2)	efekt addytywny: 3 efekt multiplikatywny: 2 <b>efekt obserwowany: 1</b>	efekt addytywny: 7 efekt multiplikatywny: 10 <b>efekt obserwowany: 10</b>
	poziom 2 (siła wpływu +6)	efekt addytywny: 7 efekt multiplikatywny: 6 <b>efekt obserwowany: 6</b>	efekt addytywny: 11 efekt multiplikatywny: 30 <b>efekt obserwowany: 100</b>

Czasami więc statystyczna istotność efektu interakcji między czynnikami znika gdy dane zostaną poddane transformacji, np. logarytmicznej. Interakcja przestaje być wykrywalna, czyli nie różni się już od prostej sumy efektów czynników składowych. Oznacza to, że synergia znikła po zmianie skali pomiarowej z liniowej na logarytmiczną. Mało tego – to znaczy, że synergii nigdy nie było! Jeżeli transformacji logarytmicznej uda się zlikwidować istotność interakcji czynników, oznacza to tylko tyle, że efekty czynników wpływały na obiekt badań po prostu w sposób multiplikatywny a nie addytywny (Sokal, Rohlf, 1995). Zjawisko interakcji między czynnikami zinterpretowaliśmy przedwcześnie jako objaw synergii. Niniejsza kwestia jest bardzo interesująca, ponieważ zwraca uwagę na wyzwania filozoficzne w definiowaniu synergii oraz trudności metodologiczne w jej badaniu. Skala pomiarowa i analiza statystyczna efektów synergii muszą być dopasowane do natury procesów, które tę synergii wygenerowały (Falconer, 1981).

### CZY NADMIERNE PODOBIENSTWO OGRANICZA SYNERGIĘ KREATYWNĄ?

Wyobraźmy sobie interesującą, aczkolwiek mało prawdopodobną, sytuację, gdyby para bliźniąt jednojajowych objęła w jakimś państwie dwa wysokie urzędy – na przykład, prezydenta i premiera (zob. Jasiński, 2007b). Niektórzy wyrażaliby zapewne obawy co do niezależności ich poglądów politycznych, ale w końcu reprezentują oni tę samą, wykonawczą, gałąź systemu politycznego kraju i nie muszą być w myśleniu niezależni. Niezależnie od tego jak bardzo opisywany przeze mnie scenariusz bliźniactwa polityków byłby kuriozalnie nietypowy, sytuacja jeszcze bardziej kusząca, z punktu widzenia siły argumentu o roli podobieństwa, pojawiłaby się gdyby prezydent i premier byli bliźniętami syjamskimi. Byłoby to jednak co najmniej, jak uczy embriologia, 400 razy mniej prawdopodobne niż zwyczajne bliźniętostwo jednojajowe i nie będę tego scenariusza analizować.

Prezydent i premier nie muszą być całkiem niezależni, ale czy powinni być prawie kompletnie zależni? Psychologowie twierdzą, że podobieństwa między bliźniętami jednojajowymi są bardzo wysokie, wyższe niż między jakimikolwiek dwiema osobami i warto rozważyć czy fakt objęcia przez nie władzy może wpływać na jakość demokracji w tym wyimaginowanym państwie. Czy taka jednojajowa forma dualizmu władzy wykonawczej dobrze służy państwu? Po to, w końcu, istnieją dwa osobne urzędy, żeby korzystać z ich dwoistości. Przecież co dwie głowy to nie jedna. A tymczasem, można mieć poczucie, że obywatele takiego kraju zafundowaliby sobie nie dwóch samoistnych

polityków, ale mniej, i przez to osłabili podstawy, na których opiera się system polityczny. Innymi słowy, pojawia się pytanie czy pojawia się synergia, której oczekujemy pomiędzy dwoma politykami, czy też jest, być może, upośledzona. Aby zbadać tę kwestię, muszę zaczerpnąć ze skarbnicy wiedzy trzech dyscyplin: geometrii, statystyki i genetyki.

### Krok pierwszy: wektory

Każdego człowieka możemy porównać do wektora. Wektor jest to strzałka pokazująca kierunek; na fizyce oznacza się wektorami przebieg sił – elektrycznych, ciężkości, odśrodkowych i innych. Metafora wektora jest bardzo nośną w przypadku przywództwa w świecie polityki lub biznesu: lider-wizjoner, jak drogowskaz, wyznacza drogę rozwoju, którą następcy chcą podążać. Długość strzałki jest dla nas tutaj zupełnie bez znaczenia, aczkolwiek można wprowadzić do tego rozumowania jeszcze zmienną określającą siłę przekonań lub umiejętność wpływania na innych i wtedy długość wektora byłaby ich wyznacznikiem.

Dwa wektory, których kierunki nie mają nic do siebie, są względem siebie pod kątem prostym, czyli  $90^\circ$ . Można powiedzieć, że np. poglądy polityczne wędkarza i filatelisty mają się do siebie nijak, czyli są jak dwa prostopadłe wektory. Filatelista i numizmatyk są bliźsi sobie, czyli wektory ich poglądów, choćby ze względu na lobbying w podobnych, kolekcjonerskich, sprawach, wskazują w podobny rejon - kąt między ich poglądami w sprawach kolekcjonerskich jest mniejszy niż  $90^\circ$ . W jakichkolwiek innych sprawach, natomiast, takie kąty mogą wahać się od  $180^\circ$  (gdy numizmatyk i filatelista kompletnie nie zgadzają się np. w kwestii ochrony torfowisk), do  $0^\circ$ , gdy obaj w 100% zgadzają się w sprawie lustracji. Ponieważ ludzie mają najróżniejsze poglądy na tysiące spraw, dwie losowo wybrane osoby mają średnie wektory ich poglądów skierowane prostopadłe, czyli pod kątem  $90^\circ$ .

Dwaj politycy tego samego ugrupowania to dwa wektory, które w sprawach polityki wręcz powinny być skierowane podobnie – kąt rozwarcia między nimi nie może być zbyt duży, bo inaczej ich poglądy polityczne będą zbyt różne. Gdy kąt rozwarcia jest większy niż  $90^\circ$ , ugrupowanie ma problem, bo albo trzeba członków ugrupowania zdyscyplinować, albo nastąpi rozłam.

### Krok drugi: korelacja

Podobieństwo w obrębie pewnej kategorii osobników w genetyce ilościowej można wyrazić poprzez współczynnik korelacji. Korelacja jest tutaj obliczana dla par osobników, np. bliźniąt: pomiar cechy jednego bliźniaka zaznaczany jest na osi X, a drugiego – na osi Y. Korelacja dodatnia oznacza, że jeżeli jeden bliźniak jest duży, to drugi osobnik w parze też będzie duży (albo gdy jeden jest mały, to drugi – też).

Najczęściej zestawiano dane dotyczące wyników uzyskiwanych przez bliźnięta w testach IQ (ilorazu inteligencji), o których sądzi się, że w jakiś sposób oceniają ludzką inteligencję. Nie wnikając w to, czy jest to dobra metoda oceny ludzkiego intelektu, możemy użyć jej do pomiaru podobieństwa bliźniąt. Współczynniki korelacji pomiędzy bliźniętami w wartościach IQ są różne w różnych kategoriach bliźniąt. Bliźnięta monozygotyczne (MZ) wychowywane razem są najbardziej podobne – medialna wartość współczynnika korelacji, szacowanego w różnych badaniach wynosi 0.85. Bliźnięta MZ wychowywane oddzielnie są mniej podobne (korelacja 0.67), Rodzeństwo wychowywane razem charakteryzowane jest przez korelację 0.45, a oddzielnie – korelację 0.24 (Strelau, 1997). Takie dane istnieją dla różnych kategorii pokrewieństwa między ludźmi; rodzeństwo niespokrewnione (przyrodnie) wychowywane razem łączy, pod względem zdolności poznawczych, korelacja 0.32 (Plomin et al., 2001).

### Krok trzeci: od korelacji do trygonometrii

Wróćmy do geometrii, czyli do świata wektorów. Okazuje się, że współczynnik korelacji ma prostą interpretację geometryczną: korelacja między dwoma wektorami to po prostu kosinus kąta między nimi! Czyli, gdy wiemy jak dwie cechy są skorelowane, to możemy obliczyć “kąt rozwarcia” między nimi, ponieważ ten kąt to jest to po prostu odwrotność kosinusa.

A więc skoro współczynnik korelacji pomiędzy IQ bliźniąt wychowywanych razem to 0.85, z tabeli funkcji trygonometrycznych dowiadujemy się, że kąt rozwarcia odpowiadający kosinusowi równemu 0.85 to  $32^\circ$ . Bliźnięta te nie mają więc dokładnie takiego samego punktu widzenia (jeżeli założymy, że mierzony on jest przez IQ), ale różne o  $32^\circ$ . Jakby to wyrazić? Na przykład, gdyby jeden bliźniak jechał z Warszawy do Tarnowa, to drugi dojechałby np. o  $32^\circ$  na zachód, czyli do Katowic. Korelacja 0.2 między IQ niespokrewnionych osób żyjących razem (np. rodzice z ich adoptowanymi dziećmi, Plomin et al., 2001) oznacza, że „kąt rozwarcia“ IQ takich osób to prawie  $80^\circ$ , a więc ich punkty widzenia różnią się dość znacznie. Tu już różnica w dojechaniu do celu jest większa: jedna osoba trafia do Tarnowa, a druga – aż za Wrocław.

Możnaby też spróbować analogii geometrycznej w polityce, chociaż trudniej jest zbudować precyzyjny kątomierz preferencji politycznych, od ultra-lewactwa do skrajnej prawicy. Tym niemniej, na 100 kwestii pojawiających się w życiu instytucji, identyczni genetycznie i wychowywani razem prezydent i premier będą mieli taki sam pogląd w 85% przypadków. Nie dlatego, że po długich debatach ich poglądy zblizną się do siebie i osiągną wreszcie konsensus, ale niejako „na wejściu“, czyli bezrefleksyjnie i automatycznie, bo tak zostali „zaprogramowani“ przez wspólne geny i wspólne wychowanie. Nie muszą chyba argumentować, że debaty i osiąganie konsensusu to esencja demokracji, a ślepo sterowana zgodność (niezależnie z czego wynikająca) traci orwellowskim rokiem 1984. Przemykając oko, można uznać, że zamiast dwóch niezależnych wektorów, mielibyśmy w takiej sytuacji jeden wektor, ale za to trochę bardziej korpulentny. Czy zawali się od tego nasz demokratyczny ład?

Odpowiedź na to pytanie wymaga weryfikacji empirycznej, opartej o statystykę wielowymiarową, podczas której oszacowane zostaną prawdziwe wektory poglądów i zbadany będzie wpływ zmienności w poglądach na kreatywność grupy – w przypadku nauk politycznych nie spodziewam się po nich aż takiego wyrafinowania metodologicznego.

Ale, w końcu, nie chodzi tu o teoretyczne rozważania o esencji demokracji, tylko o jakość instytucji (firmy, organizacji, gminy). Po prostu, debata i konsensus znacznie zwiększają prawdopodobieństwo podjęcia lepszej decyzji w poszczególnych sprawach. Zbytne podobieństwo prezydenta i premiera takie szanse zmniejszają. Jeżeli jedno z bliźniąt nie ma, obiektywnie rzecz biorąc, racji na jakiś temat, to drugie – z wysokim prawdopodobieństwem żywi taki sam, błędny pogląd. W efekcie – całokształt decyzji staje się niespójny – staje się zlepkiem poglądów albo bardzo sensownych, albo bardzo bezsensownych, bez mitygującego efektu konsensusu.

### **HETEROZJA TO SYNERGIA**

Podstawowe dla hodowli zjawisko heterozji polega na synergii. Można powiedzieć, że wyjątkowe własności mieszańca, przekraczającego swoimi zaletami każde z rodziców, to właśnie efekt synergii – tym razem wynikającej z korzystnych „konfiguracji“ genetycznych. Jednym z tłumaczeń takich właściwości, jest to, że genotyp mieszańca jest heterozygotyczny w wielu loci genowych, czyli składa się z różnych alleli, a heterozygotyczność jako taka jest pożądana (Lynch, Walsh, 1998) - stąd nazwa heterozji: „bujność mieszańców“. Ale, być może, „bujność“ wynika z innego powodu: mieszańiec ma większą szansę zgromadzić wśród swoich genów korzystne, dominujące allele, ponieważ otrzymał je od dwojga różnych rodziców – jego jakość nie wynika z heterozygotyczności loci genowych, lecz po prostu z faktu posiadania dobrej kolekcji alleli (Paul, 1992).

Jak inne synergie, heterozja jest ulotna. Utrapieniem hodowców jest niemożność utrwalenia efektu heterozji. Jego synergiczna charakterystyka musi zniknąć, gdyż w komórkach płciowych nie może on przekazać jej potomstwu, albowiem gamety otrzymują tylko połowę jego synergicznego genotypu. Rolnicy używający takich mieszańcowych osobników do dalszych krzyżówek uzyskują w następnym pokoleniu osobniki gorszej jakości: mniej płodne, mniej produktywne itp.

W genetyce ilościowej mówimy o „zdolności kombinacyjnej“ (zob. np. Góral, Jasiński, Zając, 2006),

które określa jakość danej odmiany w tworzeniu udanych mieszańców z wieloma innymi odmianami. Jest to miara, która mówi hodowcy o spodziewanej korzyści z zastosowania w krzyżówkach danej odmiany - informacja o oczekiwanej synergii, ale rozsianej pomiędzy wieloma mieszańcami, z których żaden nie musi być spektakularnym sukcesem. Ekologowie rozszerzyli pojęcie zdolności kombinacyjnej do analiz interakcji między- i wewnątrzgatunkowych (Aarssen, 1983) interesując się czy obecność danej odmiany lub gatunku w zespole lub populacji poprawia produktywność (lub inne cechy) całej mikstury odmian lub gatunków. Jest to „kojarzenie“ osobników w sensie tworzenia zespołów lub grup, których zadaniem jest wykonanie pewnej pracy. Przez analogię, można mówić w tym przypadku o heterozji socjalnej (Nonacs, Kapheim, 2007). Zdolność kombinacyjna to właściwie wyróżnienie „za całokształt zasług“ dla jakości lub produktywności i można uznać, że taki sposób rozumienia pojęcia synergii też ma rację bytu.

### **ZŁOTE MIKSTURY, CZYLI SYNERGIA Z HETEROGENICZNOŚCI**

Z przykładu o bliźniakach jednojajowych można więc wnioskować, że zbytne podobieństwo dwóch osobników nie wpływa dobrze na jakość produktu intelektualnego, a więc nie służy synergii. Wpływ dwóch organizmów na siebie i wzajemną produktywność, może zostać rozszerzony do skali zespołów lub większych grup. Synergię można rozumieć jako ułatwienia płynące z faktu istnienia grupy ludzi (zamiast samotnych jednostek, ang. social facilitation) (Huczynski, Buchanan, 2001), tutaj natomiast skupiam się na wpływie składu grupy na jej produktywność. Taki wpływ ma aspekty jakościowe (gdy mamy na myśli po prostu rodzaje typów/komponentów wchodzących w skład grupy) albo ilościowe (gdy staramy się określić znaczenie względnych proporcji typów w grupie). Podobne problemy napotykamy w chemii kombinatorycznej, w której najróżniejsze mieszaniny związków chemicznych są tworzone (często bez żadnych jasno określonych hipotez) i testowane pod względem oczekiwanych własności, na przykład, nadprzewodnictwa (zob. Jasiński, 2009).

Czy interakcje pomiędzy osobnikami różnych gatunków, odmian lub genotypów będą zależeć od dokładnego składu grupy, czyli wzajemnych proporcji komponentów? Można oczekiwać, że zbyt duża różnorodność jest również niepożądana – jak wynika z badań nad rozpoznawaniem pokrewieństwa przez organizmy żywe, zwierzęta często preferują przebywanie w grupie składającej się z krewniaków, a nie osobników całkowicie niespokrewnionych (Jasiński, 1988a).

Różnorodność (w sensie ang. „diversity“) bezpośrednio przekłada się na produktywność grup ludzi. Początkowo, efekty pracy w różnorodnej grupie są wyraźnie gorsze niż w grupie homogenicznej i trudno się temu dziwić. W badaniach, zyski zaczęły pojawiać się wprawdzie dopiero po paru miesiącach – możemy sądzić, że w dłuższej skali czasowej zyski znacznie przekroczą początkowe straty (Greenberg, Baron, 2000; Watson, Kumar, Michaelsen, 1993).

Pomijając inne wymiary heterogenicznego składu grupy ludzkiej i skupiając się tylko na inteligencji, można zasugerować, że grupa lub zespół ma wtedy potencjał wytworzenia synergii, gdy reprezentowane są w niej wszystkie komponenty (lub wymiary) inteligencji. Na przykład, zgodnie z teorią triadową Sternberga (Nęcka, 2003), w grupie powinni być reprezentanci myślenia krytyczno-analitycznego, twórczo-syntetycznego oraz praktyczno-kontekstualne (zob. też Sternberg, Spear-Swerling, 2003). Teoria ról zespołowych Belbina (np. Belbin, 2003) wyróżnia 9 profiliw aktywności w zespole i obecność ich wszystkich maksymalizuje potencjał zespołu. Świadome regulowanie składu osobowego zespołu może wpływać na prawdopodobieństwo wygenerowania efektów synergii pomiędzy jego członkami.

Z analiz Bennisa i Biederman (1997) kilku zespołów ludzkich, wslawionych wyjątkowymi osiągnięciami i produktywnością (takich jak Manhattan Project, Walt Disney Productions, Apple Computer), wynika jak trudne do uchwycenia są przyczyny synergii, która ewidentnie istniała wewnątrz tych zespołów oraz w relacjach pomiędzy osobowością przywódcy/szefa/organizatora zespołu (odpowiednio, J. Robert Oppenheimer, Walt Disney i Steven Jobs) a składem zespołu. Można stwierdzić, że istotna jest zarówno kompatybilność składników utworzonej ludzkiej mikstury oraz ich

komplementarność.

Stworzenie sytuacji, w której spełnione są warunki niezbędne dla rozwoju zaufania i kooperatywności między członkami zespołu, to podstawowe wyzwanie dla menedżera lub organizatora (Jasieński, 1988b). Synergia to naturalnie powstający „produkt uboczny“ prawidłowo zbudowanych relacji między ludźmi. Budowanie zaufania pomiędzy nauczycielem a uczniem to także (powinien być) fundament sukcesu w edukacji (Jasieński, 2007c). Również, trudno sobie wyobrazić sukces sesji kreatywnego myślenia bez wcześniejszego zneutralizowania (poprzez umiejętne zabiegi organizacyjne) wpływów presji towarzyskiej, które mogą bardzo skutecznie paraliżować powstanie synergii w zespole (Jasieński, 2008). Synergia na poziomie całych grup społecznych też nie może powstać bez wyzwolenia się z paraliżujących konwenansów i rytuałów hierarchii (Jasieński, 2007a).

### **UNIKALNA KORELACJA TYP-ŚRODOWISKO JAKO ŹRÓDŁO SYNERGII**

W ekogenetyce często zakłada się, dla uproszczenia, że dodatnie i ujemne efekty środowiska przytrafiają się „sprawiedliwie” osobnikom o różnych genotypach, niezależnie od tego, czy mają one genotyp o wysokiej lub niskiej średniej wartości (czyli czy jest to „dobry” lub „słaby” genotyp). Prawidłowo zaplanowany eksperyment w ekogenetyce lub hodowli wymaga takiego założenia i służy temu losowe przydzielanie osobników do zabiegów eksperymentalnych.

W warunkach naturalnych takie założenie może nie być jednak spełnione, czyli genotypy mogą być rozmieszczone nielosowo w stosunku do istniejącej mozaiki warunków środowiskowych - mówimy wtedy o istnieniu korelacji (lub kowariancji) genotyp-środowisko [ $Cov(G,E)$ ] (Brody, Crowley, 2002). Przy tym wcale nie musi być tak (albowiem świat przyrody jest skomplikowany), że szybko-rosnące genotypy będą występować w miejscach promujących szybki wzrost, albo, że w niekorzystnych środowiskach występują wolno-rosnące genotypy – byłaby to dodatnia korelacja genotyp-środowisko. Może być odwrotnie i byłaby to wtedy korelacja ujemna: szybko-rosnące genotypy mogą występować w miejscach niekorzystnych, a wolno-rosnące – w miejscach promujących wzrost. Efektem takiego rozmieszczenia genotypów może być brak fenotypowych różnic między genotypami występującymi w różnych środowiskach – trudno jest wtedy wnioskować o jakości środowisk na podstawie fenotypów w nich występujących.

Ponadto, jak podkreśla Lewontin (2002), w zasadzie nie możemy zdefiniować czym jest środowisko w oderwaniu od organizmu (obiektu, jednostki), który nas interesuje, albowiem to sam organizm tworzy swoje środowisko (zob. też Lewontin, 1996). Organizm/osoba dziedziczy po rodzicach zarówno genotyp jak i środowisko przez nich stworzone (tzw. bierna korelacja genotypu i środowiska, Plomin et al., 2001). Osoba podejmuje również tysiące decyzji na temat prostych czynności życiowych, od pory wyjścia z domu do wyboru owoców na targu lub kontaktów towarzyskich i w efekcie żyje w stworzonym przez siebie, unikalnym świecie (tzw. korelacja aktywna i reaktywna, Plomin et al., 2001). Z tego powodu Lewontin postuluje zastąpienie tradycyjnego pojęcia „adaptacji” organizmu do środowiska, pojęciem „konstrukcji” środowiska przez organizm. Korelacja pomiędzy organizmami i ich środowiskiem nie jest bynajmniej statystyczną „przypadłością”, ale jest oczekiwana *a priori*, ponieważ sam organizm wytwarza ją swoim zachowaniem, nielosowym względem warunków środowiskowych.

Negatywna korelacja Typ-Środowisko może powstać pomiędzy np. zdolnościami a jakością kształcenia, gdy słabi uczniowie uczestniczą w dodatkowych zajęciach, które nie są oferowane lepszym uczniom. W kontekście organizacji, pozytywna korelacja Typ-Środowisko tworzy się, w pewnym sensie, jako szczęśliwe zapętlenie: miejsce jest dlatego dobre, że pracują w nim dobrzy pracownicy, a pracują oni tam dlatego, że miejsce jest dobre. Zaczyna się często od przypadkowego, wyjątkowo fortunnego zdarzenia, gdy w jakimś miejscu jeden człowiek zaczyna realizować budowanie zespołu. Stworzenie takiej dodatniej korelacji to właściwie najważniejszy cel tego aspektu zarządzania, który dotyczy rekrutacji personelu i budowania zespołów.



## **CZY SYNERGIA JEST PRZEWIDYWALNA, CZYLI O LEKKOMYŚLNEJ EKSTRAPOLACJI I NAIWNEJ INTERPOLACJI**

Nie mamy na ogół pojęcia dlaczego ta a nie inna odmiana jest najlepsza w danych warunkach środowiskowych: wymagałoby to dokładnych informacji o szlakach metabolicznych zaangażowanych w danym momencie w fizjologii danego gatunku. Musimy mieć bowiem jasność co do jednego: synergia jest określeniem dotyczącym wyłącznie naszej interpretacji zewnętrznego efektu jakiegoś zjawiska. Na ogół nie znamy mechanizmu odpowiedzialnego za jej powstanie i nie wiemy do jakiego stopnia jest ona chwilowa lub obciążona efektami ubocznymi i niekorzystnymi konsekwencjami długoterminowymi. Deklarowanie jakiegoś efektu „synergicznym“ jest wypadkową oceną rachunku zysków i kosztów. Zawsze jest obawa, że nie docenimy kosztów, które mogą być ukryte, tylko dlatego, że nasz model nie miał dostatecznej wymiarowości, to znaczy nie uwzględniał koniecznej liczby czynników ubocznych i skomplikowanych interakcji pomiędzy nimi.

Przewidywanie, w których sytuacjach synergia wystąpi jest narażone na duże błędy i jest na ogół demonstracją arogancji. Ekstrapolacja, czyli próba rozszerzenia normy reakcji na warunki środowiskowe bardziej ekstremalne (pod jakimkolwiek względem) niż te mierzone, jest lekkomyślna. Nawet interpolacja podatna jest na uproszczenia, bo na ogół nie znamy kształtu norm reakcji wszystkich typów w badanej populacji.

Kształt normy reakcji jest trudny do przewidzenia (zob. np. Jasiński, Ayala, Bazzaz, 1997): na ogół nie wiemy w jakim zakresie warunków środowiskowych dany typ wykaże brak wrażliwości na zmiany warunków (płaska norma reakcji), a w jakim zakresie warunków fenotyp będzie miał wartości maksymalne. Nie należy oczekiwać, że norma reakcji jest wyznaczona przez linię prostą – być może fenotypy, które ujawnią się w interpolowanych odcinkach pomiędzy środowiskami nam znanymi wcale nie będą arytmetycznymi średnimi fenotypów zbadanych. Synergia jest jeszcze trudniejsza do ekstrapolacji, ponieważ jest wynikiem interakcji pomiędzy normami reakcji, a więc opiera się na ryzykownych założeniach nie tylko o kształcie norm reakcji ale również o rodzaju interakcji pomiędzy nimi.

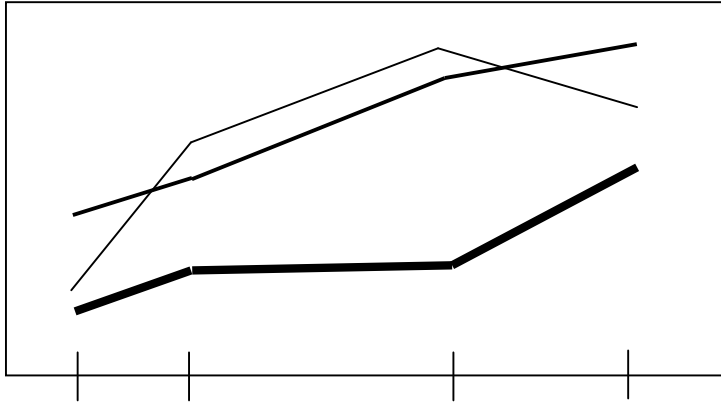
Poszukiwanie synergii to niekończąca się epopeja poszukiwania sytuacji przerastających nasze oczekiwania. Sukces takich poszukiwań w naukach przyrodniczych objawia się zazwyczaj wykrzyknikiem „Eureka!“ albo, gdy nie umiemy naszych nieoczekiwanych obserwacji zinterpretować, deklaracją zdumienia (Jasiński, 2006, 2009). W przypadku poszukiwania synergii stosuje się bowiem zasada Forresta Gumpa „Życie jest jak pudełko czekoladek: nigdy nie wiesz, na jaką trafisz“.

### **BIBLIOGRAFIA**

- Aarssen, L. W. (1983). Ecological combining ability and competitive combining ability in plants: Towards a general evolutionary theory of coexistence in systems of competition. *American Naturalist*, 122, 707-731.
- Belbin, R. M. (2003). *Twoja rola w zespole*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Bennis, W., Biederman, P. W. (1997). *Organizing Genius. The Secrets of Creative Collaboration*. New York: Basic Books.
- Brody, N., Crowley, M. J. (2002). Wpływ środowiska (i genów) na osobowość i inteligencję. [W:] W. Oniszczenko (red.), *Geny i środowisko a zachowanie* (s. 29-69). Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Dawkins, R. (1994). *Ślepy zegarmistrz, czyli jak ewolucja dowodzi, że świat nie został zaplanowany*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy.
- Falconer, D. S. (1981). *Introduction to Quantitative Genetics, 2nd ed.* London: Longman.
- Góral, H., Jasiński, M., Zajac, T. (2006). Zdolność kombinacyjna odmian lnu oleistego pod względem cech plonotwórczych. *Biuletyn IHAR*, 240/241, 237-242.
- Greenberg, J., Baron, R. A. (2000). *Behavior in Organizations. Understanding and Managing the Human Side of Work, 7th ed.* Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

- Hamer, D., Copeland, P. (1998). *Geny a charakter. Jak sobie radzić z genetycznym dziedzictwem?* Warszawa: Wydawnictwo CiS.
- Huczynski, A., Buchanan, D. (2001). *Organizational Behaviour. An Introductory Text, 4th ed.* Harlow: Pearson Education.
- Jasieński, M. (1988a). Jak zwierzęta rozpoznają swoich krewnych. *Wszechświat*, 89, 29-32.
- Jasieński, M. (1988b). O waśni i współpracy. *Problemy*, 1988, 37-40.
- Jasieński, M. (1996a). N=1, fortuitous effects and AIDS research. *The Scientist*, 10, 12.
- Jasieński, M. (1996b). Wishful thinking and the fallacy of single-subject experimentation. *The Scientist*, 10, 10.
- Jasieński, M. (2006). It's incredible how often we're surprised by findings. *Nature*, 440, 1112.
- Jasieński, M. (2007a). Googleinteligencja, czyli wołanie o nową merytokrację. *Rzeczpospolita*, 1-2 grudnia, A 24.
- Jasieński, M. (2007b). Klops z jajem. *Polityka*, 45 (nr 2628, 10 listopada), 102-103.
- Jasieński, M. (2007c). Theory-free and fact-free but method-focused and trust-driven education: insights from Google, Excel, and eBay. [W:] *5th International Conference on Technology in Teaching and Learning in Higher Education* (s. 39-44). Nowy Sącz.
- Jasieński, M. (2008). Inwentyka praktyczna, czyli sposoby ćwiczenia kreatywności. [W:] A. Bulzak (red.), *Kapitał intelektualny osób aktywnych zawodowo. Formy i metody zarządzania wiedzą poprzez ustawiczne kształcenie dorosłych* (s. 37-54). Nowy Sącz: ITqual, Partnerstwo na Rzecz Rozwoju Kompetencji Informatycznych w Polsce. WSB-NLU.
- Jasieński, M. (2009). Garfield's Demon and "surprising" or "unexpected" results in science. *Scientometrics*, 78 (w druku).
- Jasieński, M., Ayala, F. J., Bazzaz, F. A. (1997). Phenotypic plasticity and similarity of DNA among genotypes of an annual plant. *Heredity*, 78, 176-181.
- Lewontin, R. C. (1974). The analysis of variance and the analysis of causes. *American Journal of Human Genetics*, 26, 400-411.
- Lewontin, R. C. (1996). Geny, środowisko i organizmy. [W:] O. Sacks, J. Miller, S. J. Gould, D. J. Kevles, R. C. Lewontin (red.), *Ukryte teorie nauki* (s. 77-92). Kraków: Wydawnictwo ZNAK.
- Lewontin, R. C. (2002). *The Triple Helix: Gene, Organism, and Environment*. Cambridge: Harvard University Press.
- Lewontin, R. C., Rose, S., Kamin, L. J. (1984). *Not in Our Genes. Biology, Ideology, and Human Nature*: Pantheon.
- Lynch, M., Walsh, J. B. (1998). *Genetics and Analysis of Quantitative Traits*. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates.
- Nęcka, E. (2003). *Inteligencja. Geneza - Struktura - Funkcje*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Nonacs, P., Kapheim, K. M. (2007). Social heterosis and the maintenance of genetic diversity. *Journal of Evolutionary Biology*, 20, 2253-2265.
- Oniszczenko, W. (red.). (2002). *Geny i środowisko a zachowanie*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Paul, D. (1992). Heterosis. [W:] E. Fox Keller, E. A. Lloyd (red.), *Keywords in Evolutionary Biology* (s. 166-169). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Plomin, R., DeFries, J. C., McClearn, G. E., McGuffin, P. (2001). *Genetyka zachowania*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Sokal, R. R., Rohlf, F. J. (1995). *Biometry, 3rd ed.* New York: W. H. Freeman.
- Sternberg, R. J., Spear-Swerling, L. (2003). *Jak nauczyć dzieci myślenia*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Strelau, J. (1997). *Inteligencja człowieka*. Warszawa: Wydawnictwo "Żak".
- Watson, W. E., Kumar, K., Michaelsen, K. K. (1993). Cultural diversity's impact on interaction process and performance. *Academy of Management Journal*, 36, 590-602.

Rys. 1 – Normy reakcji - na osi Y zaznaczamy średnią wartość mierzonej cechy, czyli jakąkolwiek średnią charakterystykę osobników o danym genotypie lub typie. Na osi X jest wartość zmiennej środowiskowej (np. temperatura, żyzność gleby albo średni dochód na członka rodziny), opisująca warunki, w których badano organizm. Może to być również nazwa miejscowości, w której odmiany lub grupy są testowane, gdy nie mierzyliśmy tego jak miejscowości różnią się warunkami ekonomicznymi lub agrometeorologicznymi. (Oczywiście, jest to znacznie mniej interesująca sytuacja, ponieważ nie pozwala nam na wyciąganie wniosków ilościowych opartych o analizę regresji - kolejność ułożenia miejscowości, np. alfabetyczna, jest przecież arbitralna i nie ma nic wspólnego z warunkami środowiskowymi określającymi "jakość" tych miejscowości).



Rys. 2 - Dwa aspekty interakcji GxE: A. heteroscedastyczność (czyli środowiska różnią się wariancją pomiędzy średnimi wartościami charakteryzującymi genotypy lub typy), B. ranking genotypów lub typów jest różny w każdym ze środowisk, a wariacje między nimi są podobne.

