

Andrzej Gecow
Centrum Badań Ekologicznych PAN

INFORMACJA, FORMALNA CELOWOŚĆ I SPONTANICZNOŚĆ W PODSTAWACH DEFINICJI ŻYCIA¹

(I ODCINEK SZKICU DEDUKCYJNEJ TEORII ŻYCIA)

STRESZCZENIE

„Szkic dedukcyjnej teorii życia” to planowana seria artykułów obejmująca tematykę moich badań od zdefiniowania procesu, poprzez modele i ich symulacje w dziedzinie sieci złożonych, do wniosków w zakresie ewolucyjnych prawidłowości ontogenezy. Zdefiniowanie procesu w oparciu o wiedzę i założenia pozabiologiczne – to temat tego pierwszego odcinka. Proces ten okazuje się bardzo podobny do procesu życia. W definicji tej używa się nieco rozszerzonych pojęć: „informacja” i „kodowanie”, następnie definiuje się „informację celową” odpowiadającą terminowi: „informacja biologiczna”. W dalszych odcinkach, na tak zbudowanej podstawie, określana jest „informacja dziedziczna”. Po drodze do skrajnie kontrowersyjnej rekapitulacji Haeckla bronione będą tezy wyraźnie odmienne od obecnie szeroko przyjmowanych, w tym: rozumienie „życia na granicy chaosu” i znaczenia „samoorganizacji”. Całość stanowi spójną wizję teorii, ale do osiągnięcia poziomu teorii wiele jeszcze brakuje, dlatego jest to jedynie szkic. Szczególną uwagę przykłada się do interpretacji, a formalizm jest jedynie szkicowany. Oryginalność podjętej drogi, jej rozpiętość i bezkompromisowe podejmowanie tematów tabu, takich jak celowość i rekapitulacja, niewątpliwie stanowią istotną trudność w jej opisanu i percepcji. Duża część tej tematyki nie jest obecnie tolerowana w ramach biologii i inni autorzy także umieszczają te tematy w pismach filozoficznych.

¹ Niniejszy artykuł jest uaktualnioną i zmodyfikowaną wersją artykułów w języku angielskim: A. Gecow, *The purposeful information. On the difference between natural and artificial life*, *Dialogue & Universalism* 18, 2008, s. 191–206; A. Gecow, *The differences between natural and artificial life. Towards a definition of life*, <http://arxiv.org/abs/1012.2889>, 2010.

1. WSTĘP

1.1. Początek serii „Szkic dedukcyjnej teorii życia”

Niniejszym artykułem rozpoczynam prezentowanie po polsku mojej dosyć obszernej koncepcji opisu życia. Całość prezentacji tej koncepcji nosi tytuł *Szkic dedukcyjnej teorii życia*. Nie jest to jeszcze teoria, a jedynie jej szkic, ale obejmuje już sporą część najistotniejszych problemów. Oczywiście, dedukcję trzeba rozpocząć od zdefiniowania elementów podstawowych na bazie pojęć nie wymagających wiedzy o życiu. Takie właśnie zadanie ma ten artykuł.

Jak widać z jego tytułu, rozważa się w nim definicję życia na bazie pojęcia „informacja”, które do tego celu musi być, moim zdaniem, nieco rozszerzone. Następnie wprowadzona zostanie definicja celu, czego nie należy dłużej unikać, ale nie będzie to definicja finalistyczna ani odnosząca się do sztucznego życia skonstruowanego przez Kogoś, a ujmująca spontaniczne, naturalne życie, bez Kogoś, Kto mu zadaje cel. Formalnie opisana celowość posłuży do zdefiniowania „informacji celowej”, czyli pojęcia zbliżonego w swej treści do używanego już pojęcia „informacja biologiczna”, którego definicje według mnie nie są wystarczające. Uzyskana definicja życia dotyczy pewnego procesu. Zawiedzie ona tych, którzy oczekują metody sprawdzenia, czy znalezione coś jest żywe, czy martwe. Ponadto, pozostają do wyjaśnienia pewne problemy o charakterze filozoficznym, które sięją niepewność, czy aby nie jest to definicja zbyt szeroka. Po ich pomyślnym rozwiązaniu szkic stanie się kiedyś teorią.

Następny artykuł z tej serii dotyczyć będzie informacji dziedzicznej. Ten temat powinien być w zasadzie elementem pierwszego odcinka, gdyż wiąże dość abstrakcyjne rozważania z konkretnymi w biologii, jednak wtedy rozmiar pierwszego odcinka byłby za duży. W trzecim odcinku pokazany będzie możliwie prosty, ale ścisły model ewolucji. Może wydawać się on banalny, ale wprowadzi niezbędne podstawy do następnych rozważań, które wejdą w obszar sieci złożonych, chaosu, samoorganizacji i postawią tezy wyraźnie odmienne od obecnie powszechnie przyjmowanych. Ta odmienna od uczęszczanych droga doprowadzi dalej do wyjaśnienia źródeł najbardziej kontrowersyjnej prawidłowości w biologii ewolucyjnej – rekapitulacji filogenezy w ontogenezie, do czego użyte zostaną metody symulacji komputerowej. Plany wiodą dalej, ale na razie wystarczy ta perspektywa.

Może powstać wątpliwość: czy taki program jest domeną filozofii, czy biologii, a może nauk ścisłych, w tym burzliwie rozwijającej się nauki o sieciach złożonych? Obecne dyskusje o informacji biologicznej prowadzone są w pismach filozoficznych, głównie przez biologów. Biologia zajmuje się „bardziej konkretnymi problemami”. Celowość jest przez biologów tematem omijanym, niewątpliwie filozofia się do niego przyznaje. Tak podstawowe zagad-

nienia, jak miejsce życia na granicy chaosu, rola samoorganizacji, kreacjonizm (w dowolnej formie) kontra darwinizm, to niewątpliwie tematy podstawowe dla światopoglądu. Metodologia, na przykład w biologii, to też temat filozoficzny, który będę dyskutował w rozmaitych aspektach. Jest jeszcze inny, bardziej historyczny argument: początkowo filozofia zawierała całą naukę, później wydzieliły się z niej dobrze określone dziedziny, ale pozostały w ramach nauki. Te obszary nauki, które nie należą do owych dobrze określonych dziedzin, lub aktualnie nie są tam dobrze widziane, albo też leżą pomiędzy różnymi dziedzinami, nadal pozostają w filozofii. Chyba, że i „matka” wszelkich nauk też „je z domu wyrzuci”.

1.2. Umocowanie początku

Mechanizm darwinowski wyjaśnił racjonalnie podstawową cechę żywych organizmów, jaką jest rzucająca się w oczy „celowość” ich budowy i funkcjonowania. My, ludzie, jesteśmy na ten aspekt z natury szczególnie wyczuleni.

Różnie jest definiowane „życie” [patrz: Lahav, 1999]. Do dziś nie mamy dobrej takiej definicji [Rizzotti, 1996, Taylor, 1999, Lahav, 1999]. Zwykle do jej konstruowania autor wylicza kilka własności, które posiadają wszystkie obiekty uznawane przez niego za żywe. Typowo jest w tym rozmnażanie, bywa mechanizm darwinowski [McKay, 2004, 1991], jednak owa „celowość” jest unikana, bo kojarzy się z Kimś, kto ten cel postawił i z błędem finalizmu. Większość biologów woli zajmować się bezpieczniejszymi zagadnieniami i nie tykać tego trudnego i groźnego problemu. By opanować bardzo rozbieżne rozumienie tego pojęcia, zbyt często błędne i pozbyć się przyrosłej do niego fobii, Colin Pittendrigh [1958] wprowadził zastępcze pojęcie „teleonomia”². W zakresie działania i techniki człowieka odniesienie do założonego celu jest naturalne, oczekiwane i nie budzi zastrzeżeń, tak więc wszystko co sztuczne, w tym i sztuczne życie, ma prawo być celowe, ale jeżeli przyjmiemy, że celowość życia naturalnego bierze się z takich samych powodów co sztucznego, to przyjmiemy jednocześnie akt stworzenia przez Boga. Wyjaśnianie w biologii nie może sprowadzać się tylko do wykazania celowości – musi zostać wskazany mechanizm nie odwołujący się do celu, ale tworzący go. Taki mechanizm wskazał Darwin, jednak użycie go do definiowania życia tworzy problem – niezbędne pojęcie eliminacji, po której obiekt nie jest już żywy, wymaga zdolności do określenia co jest żywe. Rozumienie mechanizmu dar-

² Obserwowana od początku celowość wielu aspektów obiektów żywych wymagała doraźnej interpretacji. Zanim Darwin wskazał jej źródło, doszukiwano się go w czynnikach niematerialnych, na przykład w sile życiowej, o charakterze arystotelesowskiej przyczyny celowej odnoszącej wyjaśnienia do założonego finału, a nie do dostępnych mechanizmów jego osiągnięcia. Stąd finalizm, określane także terminem „teleologia”. Aby odciąć się od mistycznych sił kontrolujących osiągnięcie celu, ale pozostawić wygodne sformułowania związane ze znanymi mechanizmami, wprowadzono termin „teleonomia”, z założenia wolny od błędu finalizmu. [zob. hasło „finalizm” w *Słowniku pojęć etologicznych*, Jerzy Andrzej Chmurzyński http://www.nencki.gov.pl/ptetol/s_finalizm.htm.]

winowskiego może być znacznie szersze, nie koniecznie w odniesieniu tylko do procesu życia [np.: Jankowski, 2010],³ ale nas interesuje ten klasyczny zakres.

Czy dałoby się tak umocować wyjściowe założenia poza obszarem życia, by otrzymać mechanizm darwinowski? Przy okazji uzyskaloby się obiektywne umocowanie ewidentnie występującego tu „celu”, co oczyściłoby to cenne pojęcie z rozmaitych niejasności. Tak wyprowadzony mechanizm darwinowski miałby klarowną zawartość i można by wtedy postawić pytanie, czym go uzupełnić, by dobrze definiował życie. Konieczność rozmnażania jest oczywista i nie budzi obaw, ale groźny aspekt celowości wydaje się tak podstawowy, że nie da się go pominąć. By poprawnie zdefiniować eliminację, trzeba będzie poszukać naturalnego kryterium tożsamości. Szkicowe rozwiązanie tak postawionego problemu jest tematem tego artykułu.

Badając życie sztuczne można wiele dowiedzieć się o życiu naturalnym, jednak trzeba mieć świadomość ograniczeń w stawianiu pytań, jakie wynikają z samej istoty rozróżnienia pomiędzy sztucznym i naturalnym pochodzeniem badanego procesu. W życiu sztucznym najbardziej podstawowe cechy są zazwyczaj jawnie lub skrycie zakładane i pytanie o nie w takim eksperymencie nie ma sensu.

Przyjmijmy za punkt wyjścia właśnie tę różnicę, gdyż oczekujemy samoistnego, a nie zadanego pojawienia się celu. Załóżmy więc roboczo, że **życie naturalne to samoistny, długi i możliwie efektywny proces zbierania informacji celowej** i spróbujmy ściśle zdefiniować wszystkie elementy tego sformułowania. Najpierw jednak wytłumaczę się z każdego z tych elementów. Pojęcia „samoistny” i „długi” są już jasne. „Efektywny” ma pozwolić na porównanie jego efektów z obserwacją – możliwe, że są istotnie mniej efektywne warianty tego procesu, ale obserwujemy tylko te najbardziej skuteczne, które zajęły jedyne dostępne miejsce i uniemożliwiły zauważalną obecność owych mniej efektywnych.

Dalsze elementy analizowanego sformułowania to „zbierania” i „długi”, oba mają określać, że proces jest w swoich przedziałach „jednorodny”, a nie składa się z jednego lub nawet kilku aktów.

„Informacja celowa” to jawna nazwa „informacji biologicznej”, nazwy wprowadzonej przez Küppersa [1986], jak powyżej wspomniana „teleonomia”, by nie używać obciążonego błędami pojęcia „cel”. Obecnie termin „informacja biologiczna” istotnie zmienił znaczenie i używa się go głównie w dwóch innych aspektach – jako synonim informacji genetycznej, co jest związane z ograniczeniem się do pierwszego przybliżenia [Gecow, 2010a], i jako bazy biologicznych danych składowanych w Internecie. Już w samym

³ „Ewolucja Darwinowska jest to proces dynamiczny, odbywający się w dowolnej populacji, polegający na losowej generacji wariantów elementów tej populacji – o zmieniających się cechach, oraz na nielosowej selekcji elementów tej populacji, według pewnej funkcji kryterialnej.”

pojęciu „informacja” wyraźnie płacze się aspekt celowości, którego brak w teorii Shannona. Próbował go uchwycić Eigen [1971] wprowadzając oprócz Shannonowskiej ilości informacji także wartość informacji w sensie przydatności jej dla odbiorcy. Oczywiście przydatność wiąże się z celami odbiorcy. Problem ten, tak jak cały problem celowości w opisach przyrody ożywionej, szczególnie interesuje filozofów. Zaproponowanie ścisłej teorii celowości, poprawnie definiującej i interpretującej pojęcia występujące w tej teorii, pozwoli, by teleonomia przestała być sferą jedynie intuicji i przycumowała do konkretnych terenów fizyki i innych nauk ścisłych. Mimo burzliwej dyskusji i wielu prób na razie takiej uznanej teorii brak. Podobną próbą ma być niniejszy pierwszy odcinek *Szkicu*. Wśród tych prób wymienić należy ucznia Eigena, wspomnianego Küppersa [1986], który analizując „fundamentalne pojęcie – informacja biologiczna” wprowadza trzy jej „wymiarzy”: syntaktyczny (shannonowski), semantyczny i pragmatyczny, ale nie wychodzi w tych rozważaniach poza ramy filozofii. Rodzimą próbę w tym kierunku przedstawił Marian Mazur [1970]. Współczesne podsumowanie rozumienia hasła „informacja biologiczna” autorstwa P. Godfrey-Smith i K. Sterelny [2007] można znaleźć w internetowej *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Jak większość wypowiedzi na ten temat nie jest to opracowanie wolne od stronniczości. Współautor, Sterelny związany jest z „bogatszą koncepcją” informacji zwracającą uwagę na jej intencjonalny, semantyczny aspekt, nazwaną przez Millikan [1984] teleosemantyczną. Próbuje ona opisać aspekt znaczenia informacji genetycznej, choć Jablonka [2002] wskazuje tu także inne podobne nośniki [Gecow, 2010a], w tym także środowisko. Tu pojawia się problem definicji informacji dziedzicznej lub przynajmniej jej miejsca w tworzonej teorii, będzie to tematem drugiego odcinka *Szkicu*. Rozpowszechnione rozumienie informacji dziedzicznej jako informacji zapisanej w genach jest beztróskim grubym błędem, co bliżej wyjaśniam w artykule [Gecow, 2010a].

Wpierw więc definiować będziemy pojęcie „informacja celowa” przy użyciu takich terminów jak kodowanie i informacja, nieco uogólnionych (ale nadal ścisłych) tak, by nadawały się do opisu zjawisk, a nie tylko do opisu problemów technicznych. Użyte pojęcia należą do podstawowych. Ich poukładanie w spójną całość wymaga tych drobnych korekt znaczenia, do którego czytelnik jest już przyzwyczajony. Będzie to więc wiązać się z trudnościami w percepcji proponowanej „teorii”, jednak lepszej metody nie widzę. Proponowany sposób definiowania wydaje się być istotnie odmienny od innych, przez co dokładniejsza ich analiza wydaje się tu zbędna. Wśród podstawowych cech obiektu realizującego taki proces zbierania informacji celowej pojawi się rozmnażanie i losowa zmienność z tendencją do preferowania mniejszych zmian, a stąd wyłoni się naturalne kryterium tożsamości tworzące sam ewoluujący obiekt. Możemy powtórzyć za Chaitinem [1979]

“Ten artykuł jest wkładem do programu von Neumanna [1963, 1966] matematycznego sformułowania ogólnych podstaw biologii”.

1.3. Uwagi organizacyjne

Oprócz wspomnianej wyżej trudności czytania tego tekstu, wynikającej z niezbędnej modyfikacji znaczenia terminów podstawowych, Czytelnik napotka kilka dalszych trudności, których nie udało się uniknąć. Bardzo za nie przepraszam. Dwie najpoważniejsze to długość artykułu, i upakowanie informacji. Problem w tym, że wiele z tez tu postawionych wynika z uzgodnienia wielu aspektów na raz. Ich siła leży właśnie w zakresie tego uzgodnienia i pominięcie istotnych aspektów to pominięcie ważnych argumentów. Tych aspektów jest jednak rzeczywiście wiele, ale „rozsypanie” ich w osobnych artykułach znacznie zmniejszyłoby siłę przekonywania. Stąd też bierze się upakowanie treści, które wymaga od Czytającego podobnej koncentracji, jakby czytał tekst matematyczny. Tekstu nie da się po prostu przeczytać, aby odebrać jego przekaz, trzeba go studiować.

2. DROGA DEFINIOWANIA CELOWOŚCI

Żeby zdefiniować terminy „cel” i „informacja celowa” nadające się do opisu zjawisk fizycznych i mieć pewność, że te opisy, w których je użyjemy, są wolne od błędu finalizmu i potrzeby Kogoś, kto te cele stawia, potrzebować będziemy wygodnej definicji przyczyny i skutku. Uzyskamy je używając uogólnionego kodowania informacji, związanego z realizacją przekształcenia przez prawa fizyczne, które nazwiemy kodem naturalnym. Cel zdefiniujemy jako skutek, do którego poszukiwane są przyczyny, czyli argument w kodzie odwrotnym do kodu naturalnego. Następnie postawimy pytanie: czy możliwe jest spontaniczne zaistnienie takiego kodu odwrotnego w naturze? Jeżeli tak, to jakie ma on własności? Na końcu okaże się, że te własności są bardzo podobne do procesu życia.

2.1. Interpretacja pojęć informacja i kod w podstawach podejścia

Do zdefiniowania pojęcia celu użyte zostaną skrajnie uproszczone pojęcia informacji i kodu. Interpretacja w odniesieniu do opisu przyrody tych podstawowych pojęć w obecnym ujęciu wymaga korekty, to jest uogólnienia, gdyż planowane zastosowanie ma odnosić się przede wszystkim do opisu zjawisk zachodzących zanim powstał człowiek, a nie zadań służących człowiekowi do osiągnięcia założonych celów.

Pojęcie informacji wprowadzone przez Shannona w połowie XX w. w celach technicznych jest intuicyjne i dobrze pasuje do zjawisk biologicz-

nych, co prowokowało wspomnianych powyżej Eigena i Küppersa oraz współczesnych badaczy, a także i mnie do analizy pojęcia „informacja biologiczna”. Informacja to inna postać entropii znanej już i badanej w fizyce w XIX w. przez Clausiusa, Boltzmann i Gibbsa. W tej starszej postaci powstałej do celów opisu przyrody brak było aspektu celowości, naturalnego w zastosowaniach technicznych, ale właśnie ten aspekt, choć tak niebezpieczny, jest szczególnie pociągający w biologii. Unikanie tej wskazówki to lekceważenie jednego z najbardziej czytelnych drogowskazów. Informacja i entropia to jedynie inne postacie prawdopodobieństwa, utworzone do analizy określonych problemów – transferu wyróżnienia i jego spontanicznej utraty. Proponowane tu podejście to spojrzenie na informację od jej podstaw zapomnianych w wyniku ograniczenia się do zastosowań użytkowych.

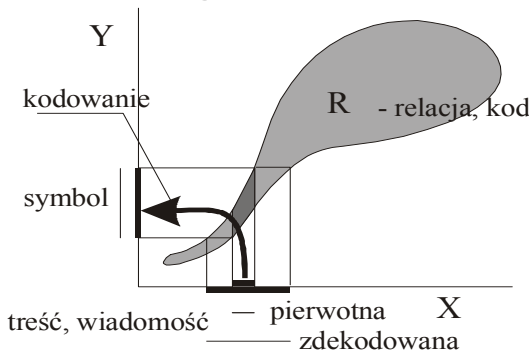
Informacja to wyróżnienie w zbiorze dostępnych możliwości

Przyzwyczajiliśmy się, że informacja zwykle jest w postaci pośredniej i symbole, którymi operuje, jedynie reprezentują „właściwy” wybór. Na przykład informacja u Maynarda Smitha [1999] nie jest rozpoznawana, gdy nie jest zakodowana. Tu interesuje nas także wybór od razu w ostatecznym „właściwym” zbiorze. U nas informacja istnieje nie tylko w trakcie przekazywania.

Obiekt posiada w swojej budowie fizycznej informację: jak reagować na zadane warunki zewnętrzne – środowisko.

Brak takiej informacji to na przykład stan równowagi nietrwałej: kulka na szczycie drugiej kuli (razem tworzące obiekt) stoczy się, jak tylko będzie „wiedzieć” (posiadać informację, zaistnieje informacja), w którym kierunku. Żarówka zaświeci się, kiedy przyłożymy do niej odpowiednie napięcie. Już zanim przyłożymy to napięcie, informacja: czy żarówka może się zaświecić, znajduje się w budowie żarówki.

Kod to przekształcenie (związek) zgodnie z dowolną relacją a nawet prawdopodobieństwem warunkowym, pozwalające związać dwa zbiory tak, że wyróżnienie w pierwszym powoduje wyróżnienie w drugim.



Kod pozwala na pośrednie wyróżnienie, czyli zapis informacji w innym zbiorze. Związek między zapaleniem się żarówki i odpowiednim napięciem jest kodem. Chcąc otrzymać informację, czy dana bateria jest dobra, przykładamy do niej żarówkę i ta albo zaświeci się, albo nie. Stan baterii zostanie przekształcony

na stan żarówki – informacja o stanie baterii zostanie zakodowana w stan żarówki, a my widząc stan żarówki otrzymamy informację o baterii. W chwili oglądania stanu żarówki widzimy symbol stanu baterii. Kodem jest dowolna funkcja matematyczna, czyli sam związek bez aspektu czynności (kodowania) na przykład: $y = 4x+2$.

2.2. Kod naturalny

Na takiej podstawie określamy **pojęcie kodu naturalnego jako przekształcenia wynikającego z praw fizycznych w kierunku zgodnym z upływem czasu**.

Kod naturalny to nie tylko związek; on także koduje, czyli to mechanizm kodowania. Funkcja matematyczna nie jest kodem naturalnym, bo nie ma związku z kierunkiem czasu i prawami fizycznymi. Jednak obliczając ją dla konkretnego x potrzebujemy czasu, tak jak i komputer dla instrukcji $y:=4*x+2$. Matematycznie postać zwana funkcją odwrotną: $x = (y-2)/4$ jest równoważna, bo to jedynie związek, ale dla komputera instrukcja: $x:=(y-2)/4$; to całkiem inna instrukcja, czyli inny kod. Wyładowanie atmosferyczne jest przyczyną huk, który jest jego skutkiem, ale wytwarzając huk (na przykład przez wybuch petardy) nie wywołamy pioruna.

Niech stanami układu odosobnionego będą sytuacje, w których na podstawie jakiegoś kryterium może być wyodrębniony obiekt, a ogólniej – jakaś część sytuacji. Reszta sytuacji po odjęciu obiektu to jego środowisko – warunki zewnętrzne. A więc prawa fizyczne działając na sytuację z chwili 1 tworzą sytuację w chwili 2 – następną:

Prawa fizyczne: (sytuacja1 = obiekt + środowisko) → sytuacja2.

Wskazując (ustalając) jedną z tych części sytuacji (środowisko lub obiekt) tworzymy kod naturalny, który na podstawie pozostałej części, przy współdziałaniu praw fizycznych (które są zawsze te same więc można je pominąć w opisie) wyznacza sytuację następną.

środowisko: (obiekt) → sytuacja2

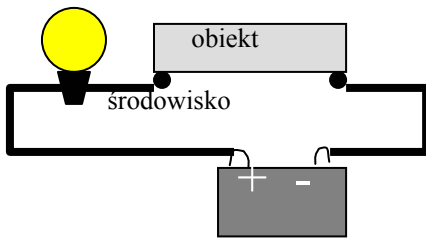
W niej niekiedy także da się wyróżnić obiekt (lub to samo środowisko) na podstawie owego kryterium, lub ten sam kod naturalny. Statystyczny opis kodu naturalnego (w domyśle – środowiska) istotnie zwiększa szansę na przybliżoną stałość w kolejnych sytuacjach. Obiekt i środowisko są w pełni symetryczne, każde z nich można traktować jako kod i jako przekształcaną informację: argument – przyczynę i wartość – skutek. Dalej jednak chcemy widzieć możliwie stały kod – środowisko, na które zmiany obiektu niemal nie wpływają („**założenie o pomijalności**”). Zwykle środowisko jest znacznie większą częścią sytuacji, a opis środowiska ma charakter uproszczony

i statystyczny. (Ta dysproporcja i statystyczny, czyli niejednoznaczny charakter środowiska będą później niezbędne, żeby zmieścić w środowisku bez jego zauważalnej zmiany zapasową kopię obiektu po rozmnożeniu, by móc kontynuować proces po eliminacji.)

środowisko: (obiekt1) → środowisko + obiekt2
 obiekt2 := środowisko(objekt1)

Niech naszym układem w chwili 1 (sytuacja1) będzie szklanka z wodą, do której właśnie wpada maleńka grudka tlenku sodu. W chwili 2 w zasadzie będziemy nadal mieli szklankę z wodą, ale tlenek sodu zamieni się w rozpuszczony wodorotlenek sodu:

$\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH}$ co nieistotnie (zależy do czego) zmieni wodę (sytuacja2). Rozważając samą reakcję nie jest istotne, co przyjmiemy za kod, a co za przekształcaną informację – Na_2O czy H_2O . Dokładniej mamy: $\text{Na}_2\text{O} + \text{wieleH}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{wieleH}_2\text{O}$ czyli $2\text{NaOH} := \text{wieleH}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{O})$. To samo stanie się z drugą i trzecią grudką Na_2O , które możemy uważać za obiekty, a wodę za środowisko, które możemy (z dobrym przybliżeniem) przyjąć za stałe, więc wygodniej rozumieć je jako kod.



Zbudujmy układ składający się z żarówki, baterii i połączeń z drutu przewodzącego prąd. W obwodzie jest jednak przerwa, którą zwieramy różnymi ciałami, także należącymi do układu. Nazwijmy obiektem ciało, którym zwieramy, a obwód – środowiskiem. Jeżeli zmieniamy ciała, którymi zwieramy obwód, to kodem

jest obwód a kodujemy własność przewodzenia ciała w świecenie żarówki. Badamy własności ciał (obiektów). Jeśli badamy wiele wyprodukowanych obwodów, czy są sprawne, zwierając je tym samym przewodzącym ciałem, to w świecenie żarówki, gdy obwód jest zamknięty, kodujemy stan obwodu, a kodem naturalnym jest owo przewodzące ciało.

Wymienność kodu i jego argumentu – przekształcanej informacji wynika z naszej nieumiejętności potraktowania ich naraz jednakowo, tak, jak traktujemy chemiczne substraty. Dynamiczny charakter informacji upodabnia ją do algorytmu realizowanego na komputerze – kodzie. Takie ujęcie jest wyjątkowo podobne do lansowanej przez Chaitina [1970, 1979, 1987] algorytmicznej teorii informacji.

2.3. Podstawowe pojęcia celowości – cel, informacja celowa, konstrukcja

2.3.1. Cel to założony skutek, do którego poszukiwane są przyczyny

czyli argument w kodzie odwrotnym do kodu naturalnego. Ten kod odwrotny, zwany dalej konstrukcją, ma jednak działać zgodnie z czasem i ma być określony przynajmniej dla tego jednego argumentu – celu.

2.3.2. Informacja celowa to zapis przyczyny kodującej cel

Informacja celowa to wyróżnienie (zapis) znalezionej przyczyny kodującej zadany skutek – cel.

1 – Należy podkreślić, że ten zapis jest informacją celową dopiero po sprawdzeniu i odnotowaniu tego, że dana przyczyna prowadzi do celu; bez tej uzupełniającej informacji samo wskazanie tej samej przyczyny nie jest jeszcze informacją celową.

2 – Informacja celowa jest zdefiniowana dla określonego stałego kodu. Założenie stałości kodu jest pierwotne względem definicji informacji celowej. Tym kodem mogą być same prawa fizyczne F . Zmiana kodu jednoznacznie formalnie prowadzi do straty informacji celowej; w innym kodzie ten sam argument może dać dowolnie inny wynik. Jednak powolne zmiany kodu środowisko określonego statystycznie dają zwykle drobne zmiany wyniku, który także może być określony statystycznie. Pozwala to w krótkich odcinkach czasu zachować (także statystycznie) większość informacji celowej.

Informacja biologiczna jest przykładem informacji celowej, a ilość informacji celowej odpowiada wartości informacji Eigena.

Kiedy mamy znaleźć x dla zadanego y , to w przypadku powyżej przedstawionej funkcji po prostu przekształcamy ją w funkcję odwrotną i wygodnie obliczamy. Jeżeli jednak funkcja jest bardzo złożona, a mamy znaleźć x tylko dla jednego y i wystarczy w przybliżeniu, to odwracanie funkcji zastępujemy zgadywaniem: używamy nieodwróconej funkcji i dobieramy tak x , by dawał wynik bliski zadanemu y . My stawiamy hipotezy – kolejne x , obliczamy i sprawdzamy, na ile otrzymaliśmy pożądanego y . Gdy kod odwrotny jest niedostępny (a także gdy jest dostępny), to zawsze możemy zastosować taką ogólną konstrukcję. Jest ona równoważna kodowi odwrotnemu – przekształca y na odpowiedni x , czyli skutkowi przyporządkowuje jego przyczynę, ale nie jest wygodna. Chcemy zapalić światło w naszym obwodzie, ale nie wiemy, którym z dwudziestu dostępnych ciał należy zewrzeć obwód. Musimy to sprawdzić, testując kolejne ciała, aż znajdziemy przyczynę naszego celu i zastosujemy ją.

2.3.3. Uniwersalny kod odwrotny – konstrukcja stawia i testuje hipotezy, zapisuje informację celową

Rozpoznane więc zostały podstawowe ogólne własności takiej konstrukcji: jest to testowanie hipotez przekształczanych przez kod. Wynikają one z ogólnej niedostępności kodu odwrotnego (do kodu naturalnego) działającego zgodnie z czasem, czyli z konieczności skonstruowania takiego kodu odwrotnego w interesującym zakresie z tego co jest dostępne, to jest z kodu naturalnego. **Konstrukcja musi więc stawiać hipotezy, testować je, to znaczy, pozwolić przekształcić przez kod naturalny, a następnie porównać skutek z celem, oraz** zapisać pozytywny wynik, czyli **zapamiętać hipotetyczną przyczynę celu i to, że prowadzi ona do celu**. Ten zapis to informacja celowa. Jest to, jak widać, podstawowy schemat mechanizmu ewolucji wskazanego przez Darwina; brakuje w nim jeszcze wykazania konieczności rozmnażania, celu: „istnieć nadal” i do tego kryterium tożsamości.

2.4. Różne warianty ilości informacji celowej, proces udoskonalania

Ilość informacji celowej związana jest ze wskazaniem (wyróżnieniem) szukanych przyczyn zadanego skutku – celu. Możliwość jej obliczenia jest niezbędna do oceny jej wzrostu (informacja celowa ma być zbierana).

2.4.1. Kod jedno-jednoznaczny

Dla rozpoznania zbadajmy przypadek jedno-jednoznacznego kodu (czyli bijekcji) $\mathbf{k} \subset \mathbf{X} \times \mathbf{Y}$ tzn.: $\mathbf{y} = \mathbf{k}(\mathbf{x})$, gdzie \mathbf{x} jest przyczyną, a \mathbf{y} jej skutkiem. Cel oznaczmy przez \mathbf{g} . Zatem konstrukcja to $\mathbf{x}_{\mathbf{g}} = \mathbf{k}^{-1}(\mathbf{g})$. Wskazanie jedynej w tym przypadku przyczyny $\mathbf{x}_{\mathbf{g}}$ celu \mathbf{g} niesie pełną informację o sposobach osiągnięcia tego celu. Zgodnie z teorią Shannona: $\mathbf{I}(\mathbf{x}_{\mathbf{g}}) = -\log \mathbf{p}(\mathbf{x}_{\mathbf{g}})$, gdzie $\mathbf{p}(\mathbf{x})$ to prawdopodobieństwo losowego wybrania właśnie tej przyczyny \mathbf{x} .

2.4.2. Co to jest $\mathbf{p}(\mathbf{x})$, ujęcie globalne i lokalne oraz obiektywne i subiektywne

Powstaje tu problem interpretacyjny: co to jest rozkład $\mathbf{p}(\mathbf{x})$? Możliwość bardziej obiektywnego wyznaczenia takiego rozkładu wynika ze specyficznego stanu układu, jakim jest **maksymalna entropia**, czyli bezład. Stan ten nazwijmy abiotycznym stanem równowagi statystycznej. Dla wyrobienia intuicji warto prześledzić skrajnie prosty model opisany w [Gecow, 2009c]. Chodzi tu o stan, w którym brak jest zgromadzonej informacji celowej; wzrost entropii do maksimum ma być związany z jej utratą. Rozkład ten jest podstawą naszej oceny szansy spontanicznego pojawienia się danego obiektu

w układzie (w danej sytuacji = $x + k$). Ujęcie wykorzystujące taki rozkład nazwijmy **globalnym**.

Obiektywny rozkład $p(x)$ wynika z pytania: skąd się wziął obiekt x , jak trudno go „zrobić”? Bierzemy więc układ bez obiektu x i pytamy, jak łatwo się w nim pojawi. Tu jednak, w zależności od tego, co nas interesuje, możemy usunąć obiekty żywe w ogóle, lub tylko dany gatunek lub cechę obiektu.

Drugie ujęcie, nazwane **lokalnym**, związane jest z realnym mechanizmem stawiania hipotez wewnątrz układu oferowanym przez sam kod: **ciąg $\{x_i\}$: $x_{i+1}=k(x_i)$ interpretowany jest jako proces, w którym kolejny skutek traktowany jest jako hipotetyczna przyczyna celu.**

Interesuje nas $p_i(x_{i+1})$ w konkretnym stanie x_i (gdzie celem okazał się x_{i+2}), czyli rozkład prawdopodobieństwa warunkowego $p(x|x_i)$. Jest to pierwszy wybór x_{i+1} . Kiedy informacja celowa będzie wykorzystywana, to stan może i raczej będzie inny, na przykład x_{i+2} lub x_{i+3} . Wtedy należałoby użyć właściwego rozkładu, ale na razie pozostawmy przy x_i spodziewając się, że będzie to rozkład podobny.

W kodzie jednoznacznym nie ma obiektywnego wyboru; tylko x_{i+1} ma prawdopodobieństwo 1, a pozostałe prawdopodobieństwo 0. Nie można więc na tym rozkładzie opierać ilości informacji celowej. Ale poszukujący informacji celowej nie zna x_{i+1} , dopóki nie zapanuje kodu naturalnego. Wtedy każdy możliwy skutek jest dla niego równoprawdopodobny, chyba, że poszukujący coś już wie, i może to prawdopodobieństwo zróżnicować. Takie odniesienie można nazwać **subiektywnym** w przeciwieństwie do wcześniej rozważanego **obiektywnego**. Wymóg sprawdzenia wskazanej przyczyny, że koduje cel w definicji informacji celowej ma w sobie coś z takiego subiektywizmu, co dobrze byłoby głębiej zrozumieć.

Dalej rozważamy **niejednoznaczny kod W**, który jest tym prawdopodobieństwem warunkowym $p(x|x_i)$ w postaci $W(x_{i+1}|x_i)$ i w zasadzie **ten rozkład konkuruje o rolę $p_i(x_{i+1})$** w wyrażeniu określającym ilość informacji celowej. Obiektywna niejednoznaczność wynikająca z uśrednienia pozwala na wybór, a więc na obiektywną informację.

2.4.3. Ograniczenie w zbiorze lub konkretny element

Nie tylko wskazanie konkretnych przyczyn kodujących cel, ale każde ograniczenie w zbiorze przyczyn od X do $A \subset X$, czyli odrzucenie części możliwych przyczyn, które nie dają celu lub dają go w niedostatecznym stopniu, także jest informacją „przybliżającą do celu”. Informacja celowa uzyskana przez takie ograniczenie wynosi: $I_X(g;A) = -\log \sum_A p_X(x)$. Nazwijmy ją **zbiorową informacją celową** (set-type) w odróżnieniu od informacji związanej ze wskazaniem konkretnej przyczyny x , którą możemy nazwać **jednostkową** (element-type). Jeżeli ze zbiorem A wiąże się jakaś wspólna cecha tworzących go obiektów, to stwierdzenie tej cechy niesie ze sobą $I_X(g;A)$ informacji celo-

wej. Stopień owego „zbliżenia do celu” obiektu posiadającego tą cechę może być mierzony na rozmaite inne sposoby. Rozróżnienie między jednostkową a zbiorową informacją celową ma charakter umowny, gdyż obiekt zwykle opisany jest poprzez wskazanie zbioru jego cech i reprezentuje cały zbiór realnych obiektów, których pozostałe cechy mogą się różnić.

2.4.4. Niejednoznaczny kod W, doskonałość

W powyżej przedstawionym **niejednoznacznym kodzie W** każda przyczyna może kodować cel, ale fakt kodowania celu ma tu miarę $W(g|x)$. Jest to miara zachodzenia celu g jako skutku przyczyny x , którą nazwijmy **doskonałością obiektu** x . W wyniku testu obiekt może otrzymać informację mówiącą, że jego doskonałość przekroczyła zadany próg q i wtedy uzyskuje określoną ilość zbiorowej informacji celowej. Ilość informacji celowej i doskonałość rosną jednocześnie.

Proces $\{x_i\}$: $W(x_{i+1}|x_i)$ **nazywamy procesem udoskonalania, gdy spełnia warunek udoskonalania – doskonałość w nim nie maleje.** Taki proces jest obiektywnie zdefiniowany jedynie dla kodu niejednoznacznego.

3. SAMOISTNY PROCES ZBIERANIA INFORMACJI CELOWEJ

Zgodnie z zadaniem wyznaczonym na początku powstało pytanie: czy w przyrodzie może samoistnie powstać konstrukcja gromadząca informację celową? Niniejszy rozdział przedstawia szkic rozumowania prowadzącego do odpowiedzi na to pytanie. Z najprostszych założeń okaże się, że narzuca to na cel silne ograniczenie – może to być jedynie trwanie, a ono wymaga kryterium tożsamości. Zbyt proste założenia nie dają gromadzenia, a jedynie jednorazowe znalezienie informacji celowej. Żądając długiego i jednorodnego procesu zauważamy, że kryterium tożsamości nie może być dokładne, a dobrym kodem jest wyżej wprowadzony kod W. Wskazuje to naturalne kryterium tożsamości oraz konieczność rozmnażania. Poszukując dalej realnych mechanizmów prowadzących do wzrostu informacji celowej zauważamy „dyfuzję poziomą” dającą dużą ilość jednostkowej globalnej informacji celowej, a postulując efektywność napotykaemy wzrost słabej doskonałości podczas eksplozji ilościowej. Wprowadzając barierę pojemności środowiska otrzymujemy konkurencję i „pozorny” wzrost mocnej doskonałości przy przełamywaniu tej bariery.

3.1. Konstrukcja samoistna – ma mieścić się w układzie

Zazwyczaj spotykane konstrukcje są tworamami zewnętrznymi względem układu, w którym operuje kod. Tak na przykład zdobywa doświadczenie człowiek, ale **poszukiwanie konstrukcji samoistnej to przede wszystkim**

kim zmieszczenie jej w układzie. Zbadajmy więc warunki, jakie narzuca żądanie zmieszczenia jej w układzie na konstrukcję i cel.

3.1.1. Wniosek: celem jest punkt stały kodu, czyli „istnieć nadal”

Analizując najprostszy pojęciowo przypadek, czyli stały kod jednoznaczny, zauważmy: **Żeby zaznaczana przyczyna celu istniała w ramach układu także po przekształceniu jej przez kod w skutek równy z celem**, gdy wtedy istnieje już tylko ten skutek (i ten sam kod), **ta przyczyna musi być tożsama z celem**. (Dokładniej, musi być **zawarta w celu**. Jest to nieco słabszy warunek, co dalej zobaczymy rozpatrując paradoks rzeki. Pozostawmy tu jednak przy pierwszym, prostszym intuicyjnie wariancie.) Bowiem gdy istnieje już tylko cel, a ma istnieć informacja celowa zawierająca jego przyczynę, to tylko cel może reprezentować swoją przyczynę w informacji celowej. W takim przypadku zaznaczanie jest automatyczne; w odróżnieniu od pozostałych hipotez ta przyczyna trwa. Przekształcenie w ramach kodu wykonuje więc wszystkie „obowiązki” konstrukcji: stawia hipotezy, porównuje z celem i zaznacza pozytywny wynik, ale tylko dla takiego celu, który jest punktem stałym kodu. Ten wyjątkowy zbieg okoliczności pozwala zmieścić konstrukcję w układzie.

Otrzymaliśmy więc wniosek, że jedynym możliwym celem (w nieco szerszym znaczeniu) jest **„istnieć nadal”**. Jest to nieistotne przekształcenie mało czytelnego sformułowania „punkt stały kodu”.

Z uwagi na założoną stałość kodu nośnikiem informacji celowej w konstrukcji mieszczącej się w układzie jest jedynie argument kodu – ów punkt stały kodu.

3.1.2. Z dokładnym kryterium tożsamości nie ma „zbierania” – jest jedno znalezienie po poszukiwaniu

Stwierdzenie tej stałości punktu, czyli tożsamości obiektu podczas testu wymaga użycia **kryterium tożsamości**, ale zbyt dokładne kryterium tożsamości blokuje dalsze zbieranie informacji celowej po pierwszym jej znalezieniu. Ogólnie taki proces, czyli ciąg odpowiedzi negatywnych zakończony jedną odpowiedzią pozytywną, a później już tylko trwanie celu, nazwijmy **negatywnym procesem tworzenia informacji celowej**. Jak dalej zauważymy, takim procesem było poszukiwanie rozmnażania o dostatecznej prędkości.

3.2. Proces zbierania informacji celowej ma być długi i jednorodny

Wzorując się na znanych własnościach naturalnego procesu życia, żądaliśmy na wstępie, by proces zbierania był długi i jednorodny w tym sensie, że nie jest to pojedynczy akt znalezienia informacji celowej, ale cały ciąg podob-

nych aktów. Taki proces złożony z pozytywnych odpowiedzi testu nazwijmy **pozytywnym procesem zbierania informacji celowej**.

Założenia te w konfrontacji z wcześniejszymi wnioskami sugerują, że kryterium tożsamości nie może być dokładne, musi dopuszczać zmienność konieczną do zmiany ilości informacji celowej.

Zwiększenie ilości informacji celowej podczas tego zbierania może odbywać się na dwóch drogach:

3.2.1. *1. Cel jest osiągnięty „w całości”

(obiekt jest trwały), ale następuje zmiana obiektu na mniej prawdopodobny. Wzrost dotyczy więc jednostkowej (np. globalnej) informacji celowej.

Zmiana obiektu trwałego wydaje się sprzecznością, trwałość może jednak dotyczyć określonej cechy (która stanowi podstawę kryterium tożsamości), a nie wszystkich parametrów obiektu, z których na przykład czas ulega zmianom z założenia. W pierwszym przybliżeniu lub z określonej perspektywy jest to ciągle ten sam (i taki sam) obiekt, a w drugim przybliżeniu lub innym aspekcie jest to zbiór wielu różnych obiektów. Jak dalek zauważymy, takim procesem jest utrzymanie rozmnażania o dostatecznej prędkości przy jednoczesnych zmianach budowy na coraz mniej prawdopodobne (dyfuzja pozioma). W pierwszym aspekcie (owej wyróżnionej cechy, pierwszym przybliżeniu) informacja celowa została znaleziona w procesie negatywnym i trwa na (przynajmniej) stałym poziomie, dlatego dyfuzja w drugim aspekcie (dotyczącym innej własności) jest (przynajmniej) „pozioma” w aspekcie pierwszym.

3.2.2. *2. Cel nie jest w pełni osiągnięty

i może być osiągnięty w większym stopniu, czyli obiekt może bardziej zbliżyć się do celu. Jest to więc zbiorowa informacja celowa.

Obiekt o informacji celowej (lub doskonałości) mniejszej od aktualnego poziomu nie należy do zbioru potencjalnych następnych kroków procesu gromadzenia (zbierania) informacji celowej; informacja celowa (lub doskonałość) ma przynajmniej nie maleć. (Nie ma tu miejsca na dokładne rozpatrywanie wielu możliwych wariantów, w tym gubienia i zbierania jednocześnie.)

***2.1.** Jeżeli kod naturalny automatycznie dobiera hipotezy tylko z tego zbioru (o równych lub większych doskonałościach), to **konstrukcja jest obiektywnie zbędna**, a każda hipoteza jest zaakceptowana (przypadek „procesów ukierunkowanych”). Z subiektywnego punktu widzenia obiektu zbierającego informację celową nie musi to być pewne; on dysponuje jedynie indukcją niezupełną i dopiero to sprawdza.

***2.2.** W przeciwnym przypadku doskonałość musi być zawsze (w obiektywnym i subiektywnym przypadku) kontrolowana przez test i eliminację,

czyli przez elementy konstrukcji. Jest oczywiste, że aby taki proces (z możliwą eliminacją) był długi, konieczne jest rozmnażanie (tę kwestię rozważać będziemy poniżej). Jeżeli ten sam argument (jednakowe rodzeństwo) ma być przekształcany przez kod na kilka sposobów, to z definicji kod ten nie jest jednoznaczny. To wskazuje na niejednoznaczny, statystyczny kod W . Używając go otrzymamy tendencję małej zmiany i naturalne kryterium tożsamości.

3.3. Procesy ukierunkowane i paradoks rzeki

Takie [*2.1 w 3.2.2] dobieranie hipotez przez kod naturalny tylko ze zbioru o niemniejszej od aktualnej informacji celowej (lub doskonałości) wydawałoby się niemożliwe, finalistyczne. Bywa jednak wcale nie rzadko tworząc poważny problem interpretacyjny. Wierzę, że ten problem da się pokonać korzystając ze zbędności konstrukcji, jednak do tego konieczne jest zbudowanie konkretnego otoczenia, co właśnie jest zadaniem niniejszego podejścia.

Przykładem takiego dobierania są procesy fizyczne, także statystyczne, na przykład termodynamiczne, zmierzające do przewidywalnego stanu, który może być potraktowany jako cel. Ten stan zdefiniowany jest już na początku procesu, informacja ta więc cały czas obiektywnie (ale nie subiektywnie) istnieje a nie jest generowana. Takie procesy o określonym stanie końcowym (lub granicznym) nazwijmy **ukierunkowanymi**.

Trudniejszym przykładem wydaje się być woda szukająca drogi do ujścia, choć schemat zjawiska jest ten sam. Niech na nowej wyspie lub w labiryncie istnieje źródło wody. Woda ta zawsze znajdzie drogę do morza lub wyjścia z labiryntu. Droga ta zapisywana jest nawet w czytelnej formie, na przykład kanionu, a w labiryncie nurt wskazuje najkrótszą drogę. Zjawisko opisywać można zarówno procesem pozytywnym jak i negatywnym. W tym drugim przypadku kolejne hipotezy (gdy poziom wody się podnosi) zapisywane są w następnym stanie (patrz: 3.1.1 słabszy warunek „zawarta w celu”) „by nie wracać do ich ponownego testowania”. Czy jest to zbieranie informacji celowej? Chyba obiektywnie nie; taka informacja jest obecna od początku, ale wtedy czyżby życie wymagało determinizmu probabilistycznego? Co wtedy z procesami pseudolosowymi? Uchwycenie tej różnicy wymaga głębszej dyskusji i lepszego zrozumienia miejsca subiektywności (w wyżej zdefiniowanym ujęciu) w pojęciu informacji celowej. Ten nienowy problem, ale w nowym otoczeniu, nazwijmy **paradoksem rzeki**.

3.4. Naturalne kryterium tożsamości

3.4.1. Tendencja małej zmiany i naturalne kryterium tożsamości

Doskonałość $W(g|x)$ dla konstrukcji wewnętrznej układu jest prawdopodobieństwem przetrwania, co w biologii związane jest z terminem „fitness”.

Na jej bazie można określić odległość $D(x_1, x_2) = |W(g|x_1) - W(g|x_2)|$. (Dla $W(g|g)$ przyjmijmy $\max W(g|x)$.) Zauważmy, że zmiany większe niż odległość od celu $D(x_{t+1}, x_t) > D(g, x_t)$ muszą być odrzucone przez warunek udoskonalania $W(g|x_i) \leq W(g|x_{i+1})$. Jest to bardzo proste i zgrubne wskazanie, że wraz z zaawansowaniem procesu udoskonalania (zbierania informacji celowej w kodzie W) zmiany (tu zmiany doskonałości) tworzące ten proces muszą być coraz mniejsze. Nawet w zakresie tej odległości większe zmiany znacznie rzadziej spełniają warunek udoskonalania. Doskonałość W jest wynikiem budowy obiektu. Można z grubsza oczekiwać, że mniejsze zmiany budowy dają zwykle mniejsze zmiany doskonałości i ilości informacji celowej.

Ten ważny efekt, nazwany „tendencją wyboru mniejszych zmian”, (krócej, „tendencją małej zmiany”, szerzej opisany na prostym modelu w [Gecow, 2009c], kreuje „naturalne kryterium tożsamości”. Polega ono na stwierdzeniu ciągłości przemian – braku zmiany dużej. Ocena granicznej wielkości zmiany jest rozmyta i związana z oceną prawdopodobieństwa „pomyłki”.

3.4.2. Lawina damage w sieciach chaotycznych – mechanizm naturalnego kryterium tożsamości

Powstaje pytanie: czy istnieje mechanizm realizujący to kryterium? Owszem, istnieje, trudno jednak go dokładniej opisywać w niniejszym artykule. W następnych odcinkach opisany będzie model zmienności strukturalnej funkcjonującego obiektu przedstawionego w postaci sieci. W funkcjonujących sieciach, na przykład Kauffmana [1993], występuje pojęcie chaosu i uporządkowania. W sieciach chaotycznych małe zaburzenie, na przykład wywołane małą zmianą struktury, zazwyczaj powoduje lawinę zmiany funkcjonowania (*damage avalanche*), co prowadzi do wielkiej wynikowej zmiany. Tak wielką zmianę musimy interpretować jako śmierć, czyli eliminację. Bywają jednak zmiany małe, ale pośrednich zmian wynikowych praktycznie dokładnie brak [Gecow, 2009a,b,d,e, 2011]. Tylko sieci o skrajnych, wyjątkowych parametrach nie są chaotyczne. Życie toczy się w specyficznych (wyselekcjonowanych doborem naturalnym) sieciach chaotycznych, o dużym stopniu uporządkowania. Tworzy to bardziej zaawansowany i inny obraz od znanej hipotezy „życie na granicy chaosu” dla sieci losowych. Ten ważny temat zostanie omówiony w odcinku czwartym.

3.4.3. Miara zachodzenia celu „istnieć nadal” – $W(y)$

to prawdopodobieństwo zachowania takiej właśnie naturalnej tożsamości, w ramach której muszą być dopuszczone zmiany, to jest następne hipotezy. Ponieważ $y = x$ (z dokładnością naturalnego kryterium tożsamości), wystarczy więc $W(y)$ (lub $W(x)$) zamiast $W(y|x)$. Zauważmy, że kryterium tożsamości dotyczy ewoluującego obiektu poprzez pokolenia – jednej nitki ewolucyj-

jnej wybranej *a posteriori*. Jeszcze, co prawda, nie stwierdziliśmy rozmnażania, co zrobimy niebawem, ale spodziewamy się jego, a już tu należy odnotować istotny związek kryterium tożsamości z dziedzicznością (następny odcinek *Szkicu*) cech, tak ważnej w definicji życia proponowanej przez Maynard Smith i Szathmáry [1999].

Test oparty na kryterium tożsamości decyduje o konkretnym zdarzeniu, które następnie jest uśredniane z podobnymi, by wyznaczyć wartość doskonałość $W(y)$ i porównać ją z progiem. Mechanizm tej oceny i podwyższania progu nie został jeszcze wskazany [rozd. 3.6 i 3.7]. Zmiany w ramach kryterium tożsamości mogą zarówno podwyższać, jak i obniżyć doskonałość obiektu.

3.4.4. Kontrolowana informacją celową i losowa składowa zmienności

Zgodnie z nagromadzoną w obiekcie informacją celową, przekształcenia przez kod W mają utrzymać tożsamość obiektu, co udaje się z prawdopodobieństwem $W(y)$, które rośnie z ilością informacji celowej. Jest ona więc źródłem stabilności obiektu. Zmiany kontrolowane informacją celową przede wszystkim odtwarzają więc obiekt w chwili następnej i nie są one losowe. Przyjrzymy się im w odcinku drugim, gdzie wprowadzimy drobniejszy krok czasowy i cykl przemian. Obecne w tym cyklu rozmnażanie, o którym za chwilę, pozwoli zdefiniować informację dziedziczną.

Przekształcenia przez kod W mają także stawiać losowe hipotezy zmian obiektu nie kontrolowane informacją celową – losowe ze względu na kierunek prowadzący do celu. Ta część zmienności odpowiada głównie mutacjom. Kontrolowane informacją celową mogą tu być najwyższej parametry, na przykład rozkłady wielkości i częstości zmian, miejsce lub czas. Taka złożona zmienność losowa korelująca z potrzebami tworzy Lamarckowski wymiar ewolucji [Jablonka & Lamb, 2005, też Gecow, 2010a].

Te losowe hipotezy mogą podnieść doskonałość obiektu, mogą ją obniżyć, ale znaczna ich część nie zmieści się w ramach kryterium tożsamości, czyli doprowadzi do przerwania procesu. To jest część eliminacji warunkiem udoskonalania (którego mechanizmu jeszcze nie dyskutowaliśmy). Warunek udoskonalania powinien ponadto wyeliminować małe zmiany, ale obniżające doskonałość.

3.5. Trzy powody konieczności rozmnażania

Powody te dotyczą ewoluującego obiektu zbierającego informację celową, czyli testowanego. Zaistniałe z takich powodów rozmnażanie, wchłonięte przez obiekt, na przykład do budowy somy [odcinek 2], ma już całkiem inne uwarunkowania, co warto pamiętać przy analizie dziedziczenia.

3.5.1. Pomiar statystycznych wielkości w warunku udoskonalania wymaga wielu prób

Jednym z podstawowych zadań konstrukcji jest porównanie obiektu z celem i zaznaczenie wyniku tego porównania. W procesie udoskonalania ma to być spełnienie warunku $W(y) \geq W(x)$. Już pomiar statystycznej doskonałości $W(y)$, to jest prawdopodobieństwa przetrwania, wymaga rozmnażania i czasu pomiaru. Pomiar ten wymaga procesu i grupy, to jest zbioru jednakowych obiektów (populacji), a nie tylko obiektu. Zajmujemy się więc procesem, w którym bierze udział wiele obiektów, a nie pojedynczym statycznym obiektem.

3.5.2. Długi proces wymaga kompensacji ubytków

Żądanie, aby proces zbierania informacji celowej był długi, praktycznie wymaga rozmnażania z dwóch następnych powodów – odrzucania nietrafnych hipotez oraz potrzeby kompensacji ubytków wynikających z tego, że cel nie jest jeszcze w pełni osiągnięty (trwanie nie jest pewnością), więc zdarzają się „ubytki” z prawdopodobieństwem $1 - W(y) > 0$.

3.6. Co ze wzrostem informacji celowej?

Wiemy już wiele o tym, jakie własności posiadać musi konstrukcja z racji przyjęcia warunku, że ma być ona samoistna, a proces zbierania informacji celowej ma być długi i jednorodny. Wiemy, że celem może być jedynie trwanie, a określające to trwanie kryterium tożsamości musi dopuszczać zmiany. Głębszy obraz uzyskujemy stosując niejednoznaczny kod W – prawdopodobieństwo warunkowe; pojawia się wtedy naturalne kryterium tożsamości i konieczność rozmnażania. Mamy test kryterium tożsamości, ale nie gwarantuje on wzrostu, ani nawet utrzymania informacji celowej. Oczekujemy wzrostu informacji celowej, ale na razie nie widać mechanizmu testu warunku udoskonalania. Podsumujemy więc, czy i czego nam brak, by informacja celowa mogła wzrastać.

3.6.1. Mocne udoskonalanie

Wprowadźmy pojęcia liczebności N , prędkości rozmnażania V oraz bilansu $B = N_2 - N_1$. Gdyby nie było eliminacji, to $N_2 = N_1 V$, ale uwzględniając doskonałość⁴ mamy $N_2 = (N_1 V)W$, czyli $B = N_1(VW - 1)$. Żeby $B > 0$, trzeba, aby $VW > 1$ czyli $W > 1/V$. Otrzymujemy więc warunek na doskonałość określony konkretnymi mierzalnymi wartościami. Tak określone W rośnie, gdy maleje V przy stałym N . Rzeczywiście obserwuje się taki efekt w biologii i jest on zgodny z oczekiwaniami interpretacyjnymi, ale wskazanie mechanizmu tego

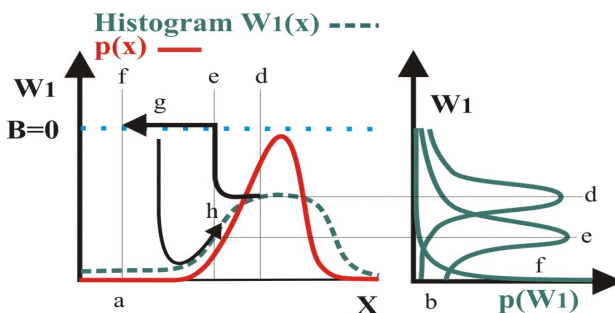
⁴ Doskonałość W to prawdopodobieństwo dożycia do chwili rozmnożenia, czyli $N_2 = N_1 VW$. Kozłowski [2009] rozważa podobny przykład przy użyciu stosowanych w biologii pojęć. Nasze VW odpowiada w pracy Kozłowskiego współczynnikowi reprodukcji netto R .

nie jest proste. Zajmiemy się nim niebawem w związku z barierą pojemności środowiska i konkurencją. Nazwijmy takie udoskonalanie mocnym, a jego doskonałość oznaczajmy przez W_2 .

3.6.2. Słabe udoskonalanie

Istnieje natomiast trywialny, automatyczny mechanizm pilnujący, by wśród istniejących procesów nie było takich, które osiągnęły $N = 0$. Jest to podstawowy darwinowski mechanizm eliminacji. W tym przypadku jednak **rozmnażanie wraz z dostatecznym V** traktowane jest nie jako już obecny mechanizm, jak w udoskonalaniu mocnym, a jako dopiero poszukiwany cel, to jest pierwsza podstawowa i w zasadzie zupełna informacja celowa. Proces jej poszukiwania podobny jest do procesu opisanego dla kodu jednoznaczności – ciąg odpowiedzi negatywnych i jedna pozytywna, po której następuje jedynie jej trwanie. Nazwalimy go procesem negatywnym [rozdz.3.1.2]. Teraz głębiej rozważmy owe trwanie (rozmnażania wraz z dostatecznym V), jedynie utrzymujące osiągnięty stan, obecnie jednak w warunkach zmienności. Nazwijmy go udoskonalaniem słabym. Dla grupy obiektów⁵ doskonałość słabą (W_0) należy związać z liczebnością N i jej testem $N = 0$ lub w innym ujęciu – ze współczynnikiem reprodukcji netto $R = VW_2$. Dla pojedynczego obiektu $W_1(x)$ jest to prawdopodobieństwo wynikające z budowy tego obiektu i jego środowiska, czyli bilans B obiektu w sensie statystycznym. Porównując to z biologią pamiętajmy, że nie rozważamy tu jeszcze wielu czynników, m.in. konkurencji.

3.6.3. Wzrost globalnej jednostkowej informacji celowej przez „poziomą dyfuzję”



Poglądowy rysunek dyfuzji poziomej - odcinek [e,f]. Punkt f - obiekt „fantastyczny”. Punkt g - utrata $B=0$ i eliminacja [g,h]. [d,e] negatywny proces zbierania informacji celowej znalezionej w punkcie e. Wykres b - $p(W_1)$ w elementach d,e,f histogramu $W_1(x)$ na wykresie a.

Brak wymagania wzrostu doskonałości słabej w wyniku testu $N=0$ nie musi jednak oznaczać braku wzrostu ilości jednostkowej informacji celowej. Dostatecznie szybkie rozmnażanie (utrzymujące $B=0$) tworzy nowy, **biotyczny poziom (stan) równowagi**. Pozbawia ono

⁵ Unikam dwuznacznego terminu „populacja”, gdyż nie ma tu wymiany informacji celowej pomiędzy elementami tej grupy tworzących mechanizmy kontroli frekwencji „genów”, co jest podstawowym mechanizmem w genetyce populacyjnej. Będzie o tym szerzej w następnym odcinku *Szkicu*.

obiekt mechanizmów zbieżności do $p(x)$ – rozkładu w maksimum entropii, interpretowanego jako **abiotyczny stan równowagi**. Drobne zmiany w ramach naturalnego kryterium tożsamości, bez wzrostu doskonałości W_2 , czy pilnowanego poziomu doskonałości słabej, mogą wyprowadzić w obszary X , gdzie $p(x)$ wynosi prawie zero. Oznacza to bardzo dużą globalną jednostkową ilość informacji celowej, która wynosi $I(x) = -\log p(x)$. Zjawisko to nazwijmy **poziomą dyfuzją**. Ruch po przestrzeni X na **poziomie biotycznym** odbywa się losowo, jak ruchy Browna, ale obszary wcześniej niedostępne stają się w znaczącym stopniu dostępne. Ten zaskakujący obraz ma duże znaczenie interpretacyjne; wyjaśnia zaskakujące postacie obserwowanych obiektów, czyli odmienność ich rozkładu od oczywistego $p(x)$. W związku z kształtem $p(x)$ pokrywającym zauważalnie większymi od zera wartościami jedynie drobną część X , losowo wybrany obiekt x z dostatecznym V ma $p(x)$ niemal zerowe, czyli jest nieprawdopodobny – „fantastyczny”.

3.6.4. Postulat efektywności daje wzrost słabej doskonałości podczas eksplozji ilościowej

Interesuje nas proces możliwie efektywny, najszybciej dający najsilniejsze efekty, gdyż chcemy porównywać z jego wynikami obecne, najbardziej zaawansowane obiekty żywe. Chodzi o informację celową dla „celu istnieć nadal”, więc założenie efektywności w zasadzie daje długość trwania procesu, a tę długość wykorzystywaliśmy już na przykład do wskazania konieczności rozmnażania. Teraz efektywność okaże się podstawą **mechanizmu sortującego** podczas **eksplozji ilościowej** wynikającej z przekroczenia dostatecznego progu prędkości rozmnażania. Mechanizm ten polega na najszybszym wzroście liczebności posiadaczy większej doskonałości W_1 (bilansu jednostkowego) i daje już stały wzrost tej słabej doskonałości, ale zgodnie z jej definicją wzrost ten może wynikać również z prostego zwiększenia prędkości rozmnażania V .

Mechanizm słabego udoskonalania działa w trakcie eksplozji ilościowej. Co jest zaskakujące, nie używa on ograniczającej W_1 „od dołu” darwinowskiej eliminacji opartej na $N = 0$, a polega na sortowaniu „od góry” wskazującym najbardziej zaawansowanych, którzy szybko zwiększają swój udział niezagrożeni „wymarciem”.

Nieograniczona eksplozja ilościowa jest jednak nierealna i ten jakby nie-darwinowski mechanizm nie oparty na eliminacji, w rzeczywistych warunkach okaże się zwykłym doborem naturalnym. Tu różnica pomiędzy terminami „eliminacja” i „dobór” nabiera znaczenia. Odrębność podstaw tego mechanizmu widoczna tu w jego czystej postaci, ma jednak istotne znaczenie interpretacyjne, wyjaśniające zagadkowe stwierdzenie „eliminacja to nie wszystko”. Dalej zbadamy to dokładnie. Należy zauważyć, że „efektywny”

jedynie zwraca uwagę na pewien podzbiór procesów, które i bez tego statystycznie zaistnieją. Udoskonalania słabego należy więc oczekiwać (podczas eksplozji ilościowej), ale nie musi ono zajść we wskazanym procesie.

3.6.5. Bariera pojemności środowiska tworząca konkurencję

Do zahamowania eksplozji ilościowej konieczne jest ograniczenie pojemności środowiska; **bariera pojemności środowiska**, na której słaba doskonałość W_1 (jako bilans) nagle spada. Bariera ta, działając jednakowo na każdego (w pierwszym przybliżeniu), praktycznie eliminuje z gry wolniejszych w wyścigu i to jest **konkurencja**, która już używa testu $N = 0$. **Pojawienie się bariery nie jest zmianą budowy obiektu, lecz zmianą środowiska** (rozważymy to poniżej łącznie z udoskonalaniem mocnym).

3.6.6. Pozorne udoskonalanie mocne tworzące złożoność

Mocne udoskonalanie dające chwilowy wzrost ilości informacji celowej i stały wzrost złożoności może się pojawić dopiero w wyniku pokonywania przez proces drabiny barier pojemności środowiska wynikających z ograniczonych zasobów. Na przykład, brakujący substrat można zastąpić dwoma jeszcze nie używanymi substratami, wtedy prędkość rozmnażania V może pozostać stała lub nawet zmniejszyć się, a W_2 wzrośnie, ale ten wzrost będzie chwilowy, do następnej bariery. Bariery te obniżają rzeczywistą ilość informacji celowej związaną z oceną doskonałości (mocnej i słabej), jednak **ich pojawienie się nie jest zmianą budowy obiektu, lecz zmianą środowiska**, czyli kodu (który miał być stały). Zatrzymanie eksplozji ilościowej na barierze, mimo spadku ilości informacji celowej, nie powoduje więc zmniejszenia się długości zapisu informacji celowej w budowie obiektu, która stale rośnie. Ta długość zapisu to złożoność obiektu. Wyjątkowość wyboru wskazana tym zapisem także rośnie, ale dewaluacja skuteczności (ilości informacji celowej) ukrywa ten wzrost. Za tą dewaluacją odpowiedzialne jest środowisko, a nie obiekt. Taki związek z długością zapisu odnajdujemy także u Chaitina [1970, 1979, 1987].

Zmiana kawałka obecnie niewykorzystywanego zapisu powoduje zwykle jego niefunkcjonalność, gdyby miał być użyty, ale obecność nawet tego już niefunkcjonalnego zapisu daje charakterystyczne wrażenie złożoności, które nas zastanawia. **Dyskusja złożoności i długości zapisu informacji celowej wymaga jednak znacznej rozbudowy modelu i możliwa jest dopiero na bazie wspomnianego już modelu sieciowego losowej zmienności funkcjonowania** [Gecow, 2005, 2009a,b,d, 2010b, 2011], gdzie w pierwszym przybliżeniu złożoność wiązać można z wielkością sieci. Elementy tej dyskusji pojawią się już w odcinku trzecim *Szkicu*.

Silna i słaba doskonałość, długość zapisu informacji celowej jako złożoność i pozorne udoskonalanie – wszystkie te pojęcia są związane ze starym i szerokim tematem rozwoju ewolucyjnego (*evolutionary progress*). „Pojęcie rozwoju jest słabo zdefiniowane i może być rozumiane na wiele sposobów” pisze Taylor [1999]. To samo można wyczytać z [Nitecki, 1988]. Gould nie widzi rozwoju, który łączy z naszym mocnym udoskonalaniem W_2 , widzi natomiast praktyczną stałość W_1 .

3.6.7. Materiałowy aspekt substratu i ograniczenia eksplozji ilościowej

Zarówno opanowanie eksplozji ilościowej przez postawienie bariery pojemności środowiska, jak i późniejsze sforsowanie tej bariery wymaga odwołania się do fizycznej, materiałowej natury budulca obiektu. W przestrzeni teoretycznej takich ograniczeń nie widać. W przestrzeni cybernetycznej ograniczeniami mogą być zasoby sprzętowe i tu także napotykaamy rozbieżności w rozważaniach nad realnym, naturalnym zjawiskiem „życie” i jego sztucznym lub abstrakcyjnym odpowiednikiem.

4. INTERPRETACJA UZYSKANEGO OBRAZU – ZAMIAST PODSUMOWANIA

4.1. Czy mechanizm darwinowski został wyprowadzony?

Jako zadanie tego artykułu padło we Wstępie pytanie: Czy dałoby się tak umocować wyjściowe założenia poza obszarem życia, by otrzymać mechanizm darwinowski? Dobór tych założeń taki, aby założenia były w pełni zrozumiałe i określone poza obszarem życia, pozwala na konstruowanie teorii dedukcyjnej, która, gdy jej przedmiot okaże się podobny do życia, ma szansę definiować życie.

Postawiliśmy tezę, że życie to spontaniczne, długie zbieranie informacji celowej. Otrzymaliśmy własności takiego procesu i teraz porównujemy je z własnościami procesu życia.

Jedną z podstawowych cech życia jest mechanizm darwinowskiego doboru naturalnego tworzący ewolucję adaptacyjną. Adaptacja to przystosowanie pozwalające przeżyć. Podstawowy schemat tego mechanizmu to zmienność w rozmaitych kierunkach nie związanych z kierunkiem adaptacji i wybór poprzez eliminację z tych propozycji jedynie tego, co nie pogarsza dostosowania, a więc pozwala przeżyć. Konkurencja w walce o byt wynikająca z nadmiaru rozmnażania w miarę nowych osiągnięć konkurentów nie pozwala na brak inicjatywy – uciekających zbyt powoli dopada próg eliminacji.

Czy otrzymaliśmy ten mechanizm? Konstrukcja ma stawiać hipotezy, ogólnie robi to bez ukierunkowania. Jedynym celem w spontanicznym proce-

sie zbierania informacji celowej jest „istnieć nadal”; jest to więc adaptacja. Test warunku udoskonalania – tak na prawdę test czy informacja celowa nie zmalała, eliminuje poprzez utratę tożsamości. Tożsamość zachowuje mała zmiana, a lawina *damage* w systemie chaotycznym daje zmianę wynikową ogromną, co odpowiada eliminacji poprzez śmierć. Możliwość eliminacji i żądanie długiego procesu daje rozmnażanie. Dostateczna prędkość rozmnażania jest to pierwsza informacja celowa, którą dalszy proces musi jedynie utrzymać. Prędkość rozmnażania większa od wystarczającej daje eksplozję ilościową, podczas której zachodzi sortowanie „od góry”. Eksplozję ilościową zatrzymuje bariera pojemności środowiska, a sortowanie „od góry” przechodzi wtedy w konkurencyjny wyścig. Mamy więc pełny mechanizm darwinowski. Na razie nie rozważaliśmy wymiany informacji i rozmnażania płciowego, nie doszliśmy więc w rozważaniach do krzyżowania i mechanizmów populacyjnych, ale jest to dopiero początek drogi dedukcyjnej.

4.2. Poskromienie celowości

Główne ryzyko tego podejścia polega na jawnym użyciu pojęcia celu. Obserwacja celowości w budowie i funkcjonowaniu obiektów żywych była dotąd głównym i najbardziej drażliwym problemem, który musiała rozwiązać nauka biologii. Znakomitą większość tego problemu pokonał Darwin wskazując swoje mechanizmy doboru naturalnego. Jednak mimo tego sukcesu termin „cel” jest nadal w biologii na indeksie. Omijanie pojęcia celu wynika z ostrożności, ale prowadzi do omijania najwłaściwszej drogi prosto zmierzającej do wyjaśnienia resztek problemu. Mam nadzieję, że przedstawiony tu, naturalny, obiektywny i ścisły sposób zdefiniowania celu nie budzi naukowych zastrzeżeń. Jak widać, użycie tego pojęcia do zdefiniowania informacji celowej i analiza procesu jej zbierania okazują się owocne. Z osiągniętych pozycji widać już, że jest to właściwa droga do zrozumienia obserwowanej złożoności obiektów żywych, którą należy łączyć z długością zapisu informacji celowej, nawet niekonieczne nadal skutecznej.

4.2.1. Typowa postać informacji celowej – regulatory, ujemne sprzężenia zwrotne i homeostat

Można oczekiwać, że jednym z podstawowych zadań informacji celowej gromadzonej w obiekcie jest utrzymywanie „odpowiednich” parametrów, w których trwanie jest możliwe. W technice takie mechanizmy nazywane są regulatorami, a ich konstrukcja opiera się na ujemnym sprzężeniu zwrotnym. Komplet regulatorów tworzy homeostat, tak charakterystyczny w obiektach żywych. Na tej właśnie podstawie oparł swoją definicję życia Bernard Korzeniewski [2001, 2005]. Nie wydaje się jednak, by informacja celowa dotyczyła jedynie aktywnej regulacji.

Sprzężenia zwrotne widoczne są w strukturze obiektu opisanej jako sieć oddziaływań i zależności. Do badania strukturalnych tendencji zmienności obiektu zbudowano wspomniany wyżej sieciowy model losowej zmienności funkcjonowania, gdzie ewoluujący obiekt, opisany jako system złożony, przejął rolę kodu. Sprzężenia zwrotne były jednym z głównych problemów, z którymi uporać się musiała jego symulacja. Ogólnie pojęciu systemu przypisuje się pewną intencjonalność funkcjonowania (w tym sensie system słoneczny nie jest systemem, tylko układem). Jest to więc nasz obiekt posiadający pewną informację celową. W systemie zwraca się uwagę na jego dobraną do zadań wewnętrzną strukturę (budowę) jako na zapis tej informacji celowej.

4.3. Droga dedukcyjna definiująca życie naturalne

Przedstawiona właśnie z lotu ptaka droga dająca w efekcie darwinowski mechanizm doboru naturalnego ma charakter dedukcyjny – wyprowadza własności procesu i biorących w nim udział obiektów z założeń umocowanych poza biologią. Punktem wyjścia jest spostrzeżenie, że **celowość ma rację bytu jedynie w procesie życia** i wynikające z tej sugestii pytanie: **jak może wyglądać zbieranie informacji celowej, jeżeli nie jest to** (nie musi to być) **proces sztuczny**.

4.3.1. Elementy dynamiki w informacji i kodowaniu

Zazwyczaj pojęcie informacji wiąże się z procesem informowania, czyli przepływu informacji od nadawcy do odbiorcy. W przedstawianym ujęciu, tak jak w poprzednim zdaniu, są to dwa różne zjawiska. Dynamiczny aspekt informowania w zasadzie nie był tu rozpatrywany, a samo istnienie informacji, oraz jej innych postaci – entropii lub prawdopodobieństwa, nie posiada już tej dynamiki. Nie posiada jej także kod rozumiany jako związek jednej formy zapisu informacji z inną formą. Taki związek to matematyczna relacja, która, co prawda, może mieć inną, odwrotną formę, ale jest to ten sam związek.

Dynamika pojawia się w procesie kodowania, czyli przekształcania jednej formy zapisu informacji w następną, szczególnie, gdy jest to realne zjawisko fizyczne. Wprowadzone tu pojęcie kodu naturalnego określa nie tylko związek, jakim jest kod, ale i proces kodowania, do którego dodatkowy wykonawca nie jest już potrzebny. Pojęcie to eksponuje więc związek z kierunkiem przekształceń przez prawa fizyczne, czyli z wpływem czasu. W takim ujęciu kodowanie i dekodowanie są całkiem różnymi procesami. Upływ czasu jest niezbędny dla przyczynowości, w zdefiniowaniu celu i opisie procesu.

4.3.2. Czy samoistny, długi i efektywny proces zbierania informacji celowej to definicja życia naturalnego?

Otrzymujemy własności bardzo zbliżone do obserwowanych w ramach naturalnego procesu życia, co upoważnia do przyjęcia tezy, że jest to opis procesu życia. Jeżeli opis ten nie dotyczy przy okazji czegoś, czego życiem nie chcemy nazwać, to definicje dotyczące rozważanego w tym podejściu procesu i obiektu są definicją naturalnego życia. Pewien element niepokoju wprowadza tu wspomniany wyżej „paradoks rzeki”. Pomimo to jestem przekonany, że jest to właściwa droga do rozumienia i definiowania procesu naturalnego życia.

Zastanawiając się, czy dany obiekt jest żywym, w ujęciu tym należy sięgnąć do racji jego bytu. Odpowiedź nie ma oczekiwanego charakteru, gdyż odpowiedź tak/nie ma sens tylko w skrajnych przypadkach. Zazwyczaj poprawną odpowiedzią jest: ten obiekt powstał i istnieje w ramach procesu życia, poza nim wystąpić praktycznie nie może. W tym sensie młotek, rower i komputer należą do obiektów z procesu życia. Podobny pogląd, że definicją życia należy objąć oprócz tego, co wiemy, że żyje, także jego produkty uboczne, a w tym efekty jego działalności, wyraził Chaitin [1979], cytując go za Orgelem [1973]. Ja proponuję posunąć się jeszcze dalej: to nie jest ważne, co my chcemy nazwać żywym, wszystkie elementy procesu życia są podobnie żywe, jeżeli mogą istnieć jedynie jako elementy tego procesu. Z naszego ludzkiego, subiektywnego punktu widzenia młotek jest martwy i nie rozmnaża się, jednak młotków jest coraz więcej z racji ich cech budowy i cech ich środowiska. Czym różni się to od rozmnażania? Jak ktoś wymyśli lepszy młotek, niebawem nowe cechy opanują znaczącą część populacji młotków. Z powodu drastycznych zmian środowiska sierpy już wymarły. Oprócz podstaw subiektywnych nie ma racji, by uznać to stwierdzenie za przenośnię.

4.3.3. Różne cele definiowania życia

Podana tu definicja procesu życia nie stawia sobie zadania prostej weryfikacji orzeczenia, czy dany obiekt jest lub nie jest żywy, które stara się osiągnąć większość prób zdefiniowania życia; Lahav [1999] podaje ich wiele. Takie typowe zadanie wydaje się błędnie postawione, gdyż życie jest specyficznym procesem, a żąda się w nich zdefiniowania obiektu. Powyżej przedstawiony został przede wszystkim kompleksowy system pojęć umocowany poza obszarem specyficznym dla życia, usiłujący jak najracjonalniej opisać i zrozumieć zjawisko jakim ono jest, a nie jak je postrzega uwikłany w nie człowiek. Ten system pojęć różni się istotnie od zestawu pojęć obecnie używanych. Z nowej perspektywy inaczej widać wiele zagadnień.

4.3.4. Znaczenie aspektów materiałowego i energetycznego

Problem entropii został wpieryw zauważony i rozpoznany w termodynamice, gdy próbowano ocenić, jaką część ciepła da się przekształcić na użyteczną pracę. Dopiero później okazało się, że ograniczenia te mają charakter statystyczny. Pojęcie informacji jest czystym pojęciem abstrakcyjnym, tak jak równoważne inne jej postacie – prawdopodobieństwo i entropia, oraz inne powszechnie znane pojęcia abstrakcyjne jak trójkąt czy liczba 2. Matematyka posługuje się takimi pojęciami i póki nie jest to konieczne, nie należy mieszać do wyjaśniania elementów z poza tego świata. Dołączanie fizycznych elementów powinno pozostawać pod kontrolą, by mieć pewność konieczności dołączenia tych elementów. Czy jednak nie trzeba dołączyć jakichś elementów, by uzyskać opis dostatecznie podobny do rzeczywistości?

Pierwszym takim dołączonym elementem był czas, niezbędny do określenia pojęcia celu. Już kody naturalne mają w swojej definicji ten fizyczny parametr. Pojawia się on także podejściu Chaitina [1970, 1979, 1987] skonstruowanego do matematycznego opisu życia i złożoności, które zaowocowało algorytmiczną teorią informacji.

Następnym koniecznym elementem fizycznym był aspekt „materiałowy” – ograniczony zasób substratu niezbędny do ograniczenia eksplozji ilościowej i uzyskania wzrostu doskonałości mocnej W_2 , choć to był wzrost „pozorny”. Tak rozumianym substratem może być także przestrzeń.

Na razie nie wystąpiła konieczność wprowadzenia energii i metabolizmu, choć analiza metod pokonywania barier może tego wymagać. Związek przekształcania informacji i energii w realnym świecie wydaje się potwierdzony, a nasze rozważania opierają się na przekształceniach informacji. Wynika z tego, że implementacja „spontanicznego procesu zbierania informacji celowej” ma uwarunkowania energetyczne, ale do wyprowadzonych już własności tego procesu te uwarunkowania nie były konieczne i wydają się mieć podrzędne znaczenie, znacznie mniejsze, niż dotąd uważano.

Teoretycznie rozmnażanie nie wymaga cyklu o zróżnicowanych postaciach, ale w fizycznym świecie obiekt ma masę, którą gromadzi stopniowo. Taki cykl rozważany będzie w następnym odcinku.

4.3.5. Znaczenie rozmycia pojęć

Aby zrozumieć i opisać proces życia, zwykle musimy uciekać się do uproszczonego obrazu jednoznacznego jak kod jednoznaczny, czy tożsamość dokładna, czy też założenie o pomijalności. W wymienionych przykładach od razu wiemy, że są to przybliżenia, ale trudność polega na tym, że te przybliżenia wycinają najważniejsze elementy rozważanego zjawiska. Najłatwiej pojąć, że tożsamość naturalna musi dopuszczać zmiany, ale dostatecznie małe. Kod nie może być jednoznaczny, by można było lepiej spełniać cel „ist-

nieć nadal”, a przez to zbierać informację celową w wielu krokach. Możliwość rezygnacji z jednoznaczności kodu i tożsamości z jednoczesnym pozostawieniem informacji celowej jest mniej intuicyjna. Informacja celowa określona jest w jednym kodzie, a mianowicie w tym, w którym była przetestowana. Stąd konieczne jest założenie o stałości kodu i o pomijalności wpływu obiektu na ten kod, ale zmienność kodu – środowiska jest jednym z głównych czynników procesu. Tworzy ona między innymi osłanianie (w następnym odcinku) i mocne udoskonalanie. Statystyczna natura zjawiska „życie” wykorzystuje takie rozmycia porządných pojęć, by w „szczelinach” tych rozmyć ukryć/usadowić swoje podstawowe rozwiązania jakościowe. Tworzy tym główne trudności w opisie i rozumieniu mechanizmów procesu. W opisach i sformułowaniach w naturalny sposób pojawiają się uproszczenia, często niemal niezauważalne, ale zauważalnie wprowadza to trudne do wyjaśnienia sprzeczności z innymi stwierdzeniami i obserwacjami.

W adekwatnym opisie stosującym z naszej natury konkretne pojęcia, nie wydaje się możliwe uniknięcie trudności z naturalnym rozmyciem tych pojęć i wynikającą z tego możliwością powstania na tych szerokich granicach niespodziewanych, ale istotnych zjawisk. Twarda, dwuwartościowa logika, jedyne pewne nasze narzędzie wnioskowania, staje się na tym niepewnym polu zwodnicza z uwagi na brak porządných granic elementów, którymi operuje. Badając ten obszar musimy być szczególnie czujni i zawsze pamiętać o tym nieprzyjemnym charakterze zjawiska z natury statystycznego.

4.4. Różnice między naturalnym i sztucznym życiem

Podstawowa różnica pomiędzy życiem naturalnym i sztucznym zawarta jest już w określających je nazwach.

Podstawowe własności **życia naturalnego** wynikają, jak to wywiedliśmy, z żądania, by było ono samoistne, czyli mieściło się w układzie. Stąd cel „istnieć nadal” i naturalne kryterium tożsamości dopuszczające zmienność, test eliminujący, oraz rozmnażanie, którego nie można zastąpić produkcją lub algorytmem powracającym do stanu sprzed niecelnej zmiany, czyli razem – mechanizm darwinowski.

Życie sztuczne ma z założenia swojego twórcę, który wszystkie te powyższe własności może zechcieć włożyć w swoje dzieło, ale może włożyć też własności, które mogą być inne. Jeżeli ten twórca jest tylko człowiekiem (lub innym wytworem życia naturalnego – myślę tu o inteligencji pozaziemskiej), to każde skonstruowane przez niego sztuczne życie jest elementem życia naturalnego, które stworzyło jego twórcę. Bez tego nie ma ono racji bytu, jak przywołane powyżej jako ilustracje rower, młotek czy komputer. Modelowanie życia w celach jego głębszego zrozumienia musi mieć te różnice na uwadze, by nie popaść w tautologię lub finalizm.

Podstawowym problemem związanym z celowością jest pytanie: „Kto zadał ten cel?” czyli: „Czemu żywe ma być celowe?”. Problemem jest więc pytanie o źródło celu. Tym źródłem okazuje się spontaniczność życia naturalnego.

BIBLIOGRAFIA

- Chaitin G.J., *To a mathematical definition of 'life'*, ACM SICACT News 4, 1970, s. 12–18.
- Chaitin G.J., *Toward a mathematical definition of "life"*, w: R. D. Levine and M. Tribus (red), *The Maximum Entropy Formalism*, MIT Press, Cambridge 1979, s. 477–498.
- Chaitin G.J., *Algorithmic Information Theory*, Cambridge University Press, Cambridge 1987.
- M. Eigen, *Selforganization of matter and the evolution of biological macromolecules*, Naturwissenschaften, 1971 nr 10, s. 465–523.
- Gecow A., *From a "Fossil" Problem of Recapitulation Existence to Computer Simulation and Answer*. w: *Special issue on Biologically Inspired Computing and Computers in Biology of the journal Neural Network World 3/2005*, Inst. Computer Sci. Acad. Sci. Czech Rep. 2005a, s. 189–201.
- (zob. też: A. Gecow. *Strukturalne tendencje w procesie udoskonalania*. Materiały z I Sympozjum Krajowego CYBERNETYKA-83. PTC Warszawa 1983.)
- Gecow A., *Emergence of Chaos and Complexity During System Growth*. w: *From System Complexity to Emergent Properties*. M.A. Aziz-Alaoui, Cyrille Bertelle (red), Springer, Understanding Complex Systems Series, 2009a, s. 115–154.
- Gecow A., *Emergence of Growth and Structural Tendencies During Adaptive Evolution of System*. w: *From System Complexity to Emergent Properties*. M.A. Aziz-Alaoui, Cyrille Bertelle (red.), Understanding Complex Systems Series, Springer 2009b, s. 211–241.
- Gecow A., *The Simple Model of Living Object as an Outside State of Statistical Stable Equilibrium, the Small Change Tendency in Adaptive Evolution*. w: *Modelling and Analysis of Complex Interacting Systems*. M.A. Aziz-Alaoui, Cyrille Bertelle (red), DCDIS-B special issue 2009c, s. 515–533.
- (zob. też trzeci artykuł z tej serii oraz: A. Gecow. *Obiekt żywy jako stan odchyłony od statystycznego stanu równowagi trwałej*. Materiały z I Sympozjum Krajowego CYBERNETYKA – 83, PTC Warszawa 1983.)
- Gecow A., *A certain complexity threshold during growth of functioning networks*, CANS 8–10 Nov.08 Tg, Mures Romania IEEE CPS 2009d, s. 69–76.
- Gecow A., *Algorytmy ewolucyjne i genetyczne, ewolucja sieci złożonych i model regulacji genowej a mechanizm darwinowski*. w: *150 lat darwinowskiej teorii ewolucji*, J. Kozłowski i J. Radwan (red.), Kosmos 58, 2009e, s. 429–442.
- Gecow A., *Ewa, Jablonka i Lamarck*, Kosmos 59, 2010a, s.27–38
- Gecow A., *More Than Two Equally Probable Variants of Signal in Kauffman Networks as an Important Overlooked Case, Negative Feedbacks Allow Life in the Chaos*, <http://arxiv.org/abs/1003.1988>, 2010b.
- Gecow A., *Emergence of Matured Chaos During Network Growth, Place for Adaptive Evolution and More of Equally Probable Signal Variants as an Alternative to Bias p*. w: *Chaotic Systems*, E. Tlelo-Cuautle (red.), InTech, 2011, s. 280–310. ISBN: 978-953-307-564-8. Dostępne z: www.intechweb.org lub <http://www.intechopen.com/articles/show/title/emergence-of-matured-chaos-during-network-growth--place-for-adaptive-evolution-and-more-of-equally-probable-signal-variants-as-an-alternative-to-bias-p>
- Godfrey-Smith P., Sterelny K., *Biological Information*, w: *Stanford Encyclopedia of Philosophy* 2007. <http://plato.stanford.edu/entries/information-biological>
- Jablonka E., *Information: Its Interpretation, Its Inheritance and Its Sharing*, Philosophy of Science, vol.69, 2002, s. 578–605.

- Jablonka E., Lamb M.J., *Evolution in four dimensions: genetic, epigenetic, behavioral and symbolic variation in the history of life*, MIT Press, Cambridge 2005.
- Jankowski M.P., *Ewolucja – Powszechny Inżynier Natury*, Res Humana, nr 2(105), 2010.
- Kauffman S.A., *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press, New York 1993.
- Korzeniewski B., *Cybernetic formulation of the definition of life*, J. Theor. Biol. vol. 209, 2001, s. 275–286.
- Korzeniewski B., *Confrontation of the cybernetic definition of living individual with the real word*, Acta Biotheoretica 53, Springer, 2005, s. 1–28.
- Kozłowski J., *Ewolucja strategii życiowych. w: 150 lat darwinowskiej teorii ewolucji*, red. J. Kozłowski i J. Radwan, Kosmos 58, 2009, s. 357–365.
- Küppers B.-O., *Geneza Informacji Biologicznej, Filozoficzne problemy powstania życia*, tłum. W. Ługowski (z: *Der Ursprung biologischer Information. Zur Naturphilosophie der Lebensentstehung*, Piper, München, 1986) PWN, Warszawa 1991.
- Lahav N., *Biogenesis, Theories of life's origin*, Oxford University Press, New York–Oxford 1999.
- Maynard Smith J., Szathmáry E., *The origin of life. From the birth of life to the origin of language*, Oxford University Press, 1999.
- Mazur M., *Jakościowa teoria informacji*, WNT, Warszawa 1970.
- McKay C.P., *Urey Prize lecture: Planetary evolution and the origin of life*, Icarus 1991, s. 92–100.
- McKay C.P., *What Is Life — and How Do We Search for It in Other Worlds?*, PLoS Biol. 2(9), 2004.
- Millikan R., *Language, Thought and Other Biological Categories*, MIT Press, Cambridge, MA 1984.
- von Neumann J., *The General and Logical Theory of Automata*, w: *John von Neumann- Collected Works*, v V, A. Taub (red.), Macmillan, New York 1963, s. 288–328.
- von Neumann J., *Theory of Self-Reproducing Automat*, red. A. W. Burks, Univ. Illinois Press, Urbana 1966, s. 74–87.
- Nitecki M.H. (red.), *Evolutionary Progress*, University of Chicago Press, 1988. W tym głównie: M. H. Nitecki, *Discerning the criteria for concepts of progress*, s. 3–24; oraz: S. J. Gould, *On replacing the idea of progress with an operational notion of directionality*, s. 319–338.
- Orgel L.E., *The Origins of Life: Molecules and Natural Selection*, Wiley, New York 1973.
- Pittendrigh C.S., *Adaptation, Natural Selection and Behaviour*, w: *Behaviour and Evolution*. A. Roe and G. G. Simpson (red), New Haven 1958.
- Rizzotti M., *Defining life: the central problem in theoretical biology*, University of Padova, Padova 1996.
- Taylor T.J., *From Artificial Evolution to Artificial Life*, rozprawa doktorska, University of Edinburgh 1999.
- <http://www.tim-taylor.com/papers/thesis/html/node21.html>, ... /node30.html , .../node12.

E-mail: gecow@op.pl

INFORMATION, FORMAL PURPOSEFULNESS AND SPONTANEITY IN THE BASIS OF LIFE DEFINITION

ABSTRACT

The purposefulness appears only in the area of a life process. I generalize the notion of information and encoding to apply them to a physical phenomena description. I use them to define the purposeful information—its example is a biological

information, its quantity is an Eigen's information value. Next, I investigate the properties of the spontaneous process of purposeful information collecting. In effect, I get such properties of this process as: a goal "to exist", reproduction and Darwinian mechanism of random changeability and elimination. In this process appears a natural identity criterion of evolving object connected to "small change tendency" and chaotic phase of system. They look like the properties of the natural life, they derive from its spontaneity. If we will not find a difference, then we obtain definition of natural life process. Artificial life is constructed by living objects, is a part of natural life process and its properties are not an effect of own restrictions but of external assumptions.

Adres Autora: gecow@op.pl