

Istota życia i (samo)świadomości – rysy wspólne

Autor tekstu: **Bernard Korzeniewski**

W niniejszym artykule chciałbym już to streścić, już to rozwinąć moje poglądy na istotę życia i (samo)świadomości, a w szczególności na wzajemne relacje pomiędzy tymi fenomenami, które to poglądy przedstawiłem w moich poprzednich publikacjach ([1-5]; zresztą omawianych problemów dotyczyło kilka moich poprzednich tekstów w Racjonalistcie). Ściśle mówiąc, skupię się na paralelach pomiędzy wyłonieniem się biologicznego poziomu rzeczywistości z poziomu fizycznego, a poziomu psychicznego — z poziomu biologicznego. W istocie rzeczy postaram się pokazać, że z formalnego, abstrakcyjnego punktu widzenia w obu przypadkach mechanizm wyłonienia się poziomu wyższego z poziomu niższego był w zasadzie identyczny. Chodzi mi tu o emergencję zarówno w sensie diachronicznym, w trakcie ewolucji Wszechświata i ewolucji biologicznej, jak i synchronicznym, kiedy wspinając się poprzez poszczególne stopnie hierarchii złożoności przechodzimy od atomów, molekuł i makromolekuł do żywych komórek i (złożonych) organizmów wielokomórkowych, a także od neuronów i ich zespołów do skomplikowanych sieci neuronalnych będących „nośnikiem” psychiki.

Zacznijmy od istoty życia. Uważam, że podstawową jednostką życia (a także podmiotem ewolucji, jednostką selekcji) jest osobnik (nie: organizm) żywy. Najpierw w książce wydanej po polsku [1], a następnie w dwóch artykułach opublikowanych w międzynarodowych czasopismach anglojęzycznych [3,4] zaproponowałem cybernetyczną definicję żywego osobnika. Odniosłem ją także do możliwego sztucznego życia (AL) [5]. Cybernetyka (w wąskim znaczeniu tego terminu) to przede wszystkim nauka o regulacji i sterowaniu w układach dążnościowych (nakierowanych na realizację jakiegoś z góry zadanego celu). Dwa podstawowe pojęcia cybernetyki to sprzężenie zwrotne ujemne i sprzężenie zwrotne dodatnie.

Sprzężenie zwrotne ujemne ma za zadanie utrzymanie wielkości jakiegoś parametru na zadanym, korzystnym ze względu na funkcjonowanie całego układu poziomie. Takim parametrem w przypadku układów biologicznych może być np. temperatura, szybkość reakcji chemicznej, stężenie jakiegoś związku, określona barwa w określonym miejscu organizmu, intensywność pracy jakiegoś narządu, wilgotność (np. we wnętrzu mrowiska), ekspozycja na światło słoneczne, wielkość i kształt określonej struktury lub też całego ciała w danym momencie rozwoju embrionalnego, dokładność obrazu wytworzonego na siatkówce oka, optymalna strategia polowania i wiele, wiele innych. Sprzężenie zwrotne ujemne niweluje wszelkie odchylenia od zadanej wartości parametru spowodowane przez rozmaite zaburzenia z zewnątrz (lub z wnętrza organizmu), wywołując akcję prowadzącą do zmiany wartości odpowiedniego parametru w stronę przeciwną (stąd nazwa) do tej, w którą nastąpiło odchylenie. Przykładami sprzężenia zwrotnego ujemnego w świecie nieożywionym jest utrzymywanie stałej temperatury w lodówce lub korygowanie odchylenia lotu rakiety od zadanej trajektorii.

Sprzężenie zwrotne dodatnie ma działanie przeciwne — powoduje ono tym szybsze oddalanie się wartości jakiegoś parametru od pewnej określonej wartości (często jest to po prostu zero), im dalej aktualna wartość parametru jest już od tej wartości odchylona. Mechanizm ten wzmacnia zatem coś, co już jest w jakimś stopniu obecne (stąd nazwa „dodatnie”). Innymi słowy, wartość parametru ucieka tu tym szybciej od wartości „zadanej”, im dalej już się od tej wartości znajduje. O ile zatem sprzężenie zwrotne ujemne jest mechanizmem stabilizującym, utrzymującym system w pobliżu określonego stanu (choć ten optymalny stan może ulegać zmianom w zależności od warunków), to sprzężenie zwrotne dodatnie prowadzi do immanentnej niestabilności, do zachowania wybuchowego i/lub chaotycznego (kombinacja sprzężenia zwrotnego dodatniego i ujemnego może prowadzić do oscylacji wartości parametrów). Przykładami sprzężenia zwrotnego dodatniego w przyrodzie nieożywionej są reakcja łańcuchowa podczas wybuchu jądrowego i kamienna lawina.

Regulacja wartości danego parametru poprzez mechanizm sprzężenia zwrotnego ujemnego polega na utrzymaniu jego wartości w pobliżu wartości „zadanej”, optymalnej ze względu na jakiś z góry określony cel. Na przykład lodówka utrzymuje temperaturę wystarczająco niską, aby zapobiec psuciu się żywności, a jednocześnie na tyle wysoką, aby ograniczyć straty energetyczne (i nie zmrażać żywności „na kość”). W tym przypadku odpowiedni detektor (termostat) dokonuje ciągłego pomiaru (detekcji) wartości regulowanego parametru (temperatury). Jeżeli temperatura wzrośnie ponad zadaną wartość, detektor wysyła sygnał sterowania uruchamiający odpowiedni efektor (urządzenie chłodnicze), który przeciwdziała odchyleniu parametru od wartości zadanej, a więc wywołuje kompensację zaburzeń spowodowanych przez wpływy otoczenia (temperatura wraca do optymalnej wartości zadanej). Cała omówiona sekwencja przyczynowo-skutkowa, czyli: wzrost

wartości parametru ponad zadaną — pomiar — detektor — sterowanie - efektor — kompensacja — spadek wartości parametru z powrotem do zadanej, nazywamy pętlą sterowania.

Z kolei, zgodnie z powiedzianym powyżej, sprzężenie zwrotne dodatnie posiada, jak sama nazwa wskazuje, działanie przeciwne do sprzężenia zwrotnego ujemnego. Jest ono silnie destabilizujące, odpycha wartość parametru od wartości zadanej tym silniej, im dalej wartość aktualna odbiega od wartości zadanej. W wyniku tego wartość parametru szybko (w sposób eksponentyjalny) zmierza do nieskończoności, a otrzymany efekt można nazwać anty-regulacyjnym lub wybuchowym.

Jak wspomniałem, przykładem sprzężenia zwrotnego dodatniego w świecie nieożywionym jest jądrowa reakcja łańcuchowa. Niestabilne jądro jakiegoś radioaktywnego izotopu, np. uranu U^{235} , rozpadając się emituje trzy neutrony. Każdy z neutronów rozbija następne niestabilne jądro, prowadząc w każdym przypadku do uwolnienia dalszych trzech neutronów. A zatem, po upływie pewnego (bardzo krótkiego) odcinka czasu, ilość neutronów ulega potrojeniu. Mamy więc kolejno 3, 9, 27, 91 ... neutronów. Proces ten może powtarzać się, przynajmniej potencjalnie, nieskończoną ilość razy (w praktyce ogranicza go ilość niestabilnego izotopu). Innymi przykładami sprzężenia zwrotnego dodatniego są pewne związki chemiczne katalizujące powstawanie siebie samych z innych związków (tzw. autokataliza) oraz kamienna lawina, w której staczający się po zboczu kamień wprawia w ruch coraz to więcej i więcej kamieni.

Wróćmy jednak do sprzężenia zwrotnego ujemnego. W organizmach żywych występuje nieprzebrana obfitość mechanizmów regulacyjnych i sterujących ze sprzężeniami zwrotnymi ujemnymi na czele. Pod względem funkcjonalnym, układy biologiczne są wręcz zbudowane z hierarchicznie zorganizowanej sieci wzajemnie przeplatających się i warunkujących sprzężeń zwrotnych ujemnych. Generalnie, cała ta, ukształtowana oczywiście w trakcie ewolucji biologicznej, sieć stanowi w pewnym sensie funkcjonalne, operacyjne **odbicie zarówno zewnętrznego, jak i wewnętrznego środowiska danego organizmu** (wraz z całą zmiennością tego środowiska w czasie i przestrzeni), a ma na celu przeżycie i rozmnożenie się w niszy ekologicznej (otoczeniu fizycznym i biologicznym) okupowanej przez ten organizm.

Sztandarowym (i stosunkowo bardzo prostym) przykładem sprzężenia zwrotnego ujemnego w organizmach żywych na poziomie biochemicznym jest regulacja szybkości syntezy jakiegoś aminokwasu przez bieżące stężenie tego aminokwasu. Taki aminokwas hamuje (obniżając aktywność odpowiedniego enzymu w wyniku związania cząsteczki tego aminokwasu do odpowiedniego miejsca regulacyjnego) pierwszą reakcją enzymatyczną w szlaku metabolicznym prowadzącym wyłącznie do jego syntezy, co powoduje utrzymanie na względnie stałym poziomie stężenia rzeczonoego aminokwasu. Jeśli stężenie aminokwasu obniża się (w wyniku jego niewielkiego dopływu ze strawionego pożywienia lub / i wzmożonego zużycia, np. na syntezę białek), omawiany enzym zostaje odblokowany i szybkość syntezy aminokwasu ulega przyspieszeniu, powodując wzrost jego stężenia. W przypadku przeciwnym synteza aminokwasu ulega zablokowaniu. Bez takiej regulacji pula danego aminokwasu mogłaby bardzo szybko ulec wyczerpaniu lub, przeciwnie, aminokwas gromadziłby się w nadmiernej ilości zaburzając funkcjonowanie komórki (np. poprzez wzrost ciśnienia osmotycznego). Inny przykład na poziomie metabolicznym to produkcja uniwersalnego nośnika energii w komórce — ATP — przez fosforylację oksydacyjną w mitochondriach. Wysokie stężenie ATP, występujące w stanie spoczynkowym, hamuje metaboliczny blok produkcji tego związku. Nagły wzrost konsumpcji ATP, na przykład w wyniku skurczu mięśnia (praca mechaniczna wymaga nakładów energetycznych), powoduje hydrolizę ATP do ADP; wzrost stężenia tego ostatniego aktywuje produkcję ATP i częściowo kompensuje spadek jego stężenia.

Jeśli chodzi o składniki żywej komórki, to synteza poszczególnych białek, w ich liczbie enzymów, jest dostosowana do szybkości ich rozkładu (ze względu np. na uszkodzenie przez wolne rodniki), tak aby ich stężenie pozostało stałe (dokładny mechanizm regulacyjny nie jest jeszcze znany, ale musi istnieć; inaczej ilość danego typu białka albo spadałaby do zera w przypadku utrzymującej się przewagi jego rozkładu nad syntezą, albo, przeciwnie, rosłaby nieograniczenie w przypadku odwrotnym). Problem ten dotyczy także innych składników komórki, np. lipidów i złożonych z nich błon.

Optymalne stężenie danego białka może zależeć od okoliczności. Jego regulacja zachodzi na poziomie genetycznym. Na przykład, w obecności laktozy (i braku innych cukrów) w otoczeniu, w komórce bakterii ulega włączeniu produkcja enzymów odpowiedzialnych za pobieranie i rozkład tego cukru, podczas gdy w innych okolicznościach enzymy te nie są syntetyzowane (słynny model operonu). A zatem, zadana wartość pewnego parametru (w tym przypadku — stężenie białek enzymatycznych), który funkcjonuje jako element sprzężenia zwrotnego ujemnego na niższym

poziomie hierarchii (utrzymującego stałą dostawę budulca i energii, a przez to stałe stężenie metabolitów), może być zmieniona przez jakieś inne ujemne sprzężenie zwrotne na wyższym poziomie hierarchii (ograniczające wydatki energetyczne i budulcowe na produkcję białek, które nie są aktualnie potrzebne). U bakterii (organizmów bezjądrowych, prokariotycznych) ważną rolę w sprzężeniach zwrotnych odpowiedzialnych za adekwatne reagowanie na zmieniające się warunki zewnętrzne odgrywają tak zwane alarmony i czynniki σ (sigma).

U organizmów jądrowych (eukariotycznych), a w szczególności u organizmów wielokomórkowych i tkankowych, wielce złożony i hierarchicznie zorganizowany system regulacyjny, oparty w dużej mierze na sieci sprzężeń zwrotnych ujemnych (i innych mechanizmów sterujących związanych z przekazywaniem sygnałów), z wielką precyzją określa jakie konkretne białka będą produkowane w danym miejscu, czasie i ilości (jest to szczególnie istotne w czasie rozwoju embrionalnego i związanej z nim morfogenezy — patrz niżej). W skład komórek różnych typów wchodzi odmienne białka oraz ewentualnie odmienne ilości białek wspólnych (np. kompleksów fosforylacji oksydacyjnej; wynika to między innymi z różnej względnej objętości mitochondriów). Różnicowanie się komórek polega przede wszystkim na selektywnej aktywacji ekspresji pewnych genów i hamowaniu ekspresji innych, co znajduje swój wyraz w pierwszym rzędzie w określonym składzie białkowym komórki. Odmienny skład białkowy jest także potrzebny w różnych fazach cyklu komórkowego.

Niewątpliwym przykładem sprzężeń zwrotnych ujemnych związanych z poziomem genetycznym jest korekta błędów w kopiowaniu DNA (w szczególności: zamiana błędnie wstawionych nukleotydów w potomnej nici DNA na właściwe, komplementarne do nukleotydów w matrycy — nici macierzystej). Zachodzi także naprawa uszkodzonych nici DNA, na przykład w wyniku działania wolnych rodników.

Na poziomie fizjologicznym, dwa hormony, a mianowicie insulina i glukagon, stanowią antagonistyczne sygnały w pętli sterującej sprzężenia zwrotnego ujemnego utrzymującego stałe stężenie glukozy we krwi (insulina to stężenie obniża, a glukagon — podwyższa). Parametr ten jest tak istotny, że jego precyzyjna regulacja wymaga aż dwóch uzupełniających się sygnałów sterujących. Inny hormon, adrenalina, przyspiesza między innymi szybkość pompowania krwi przez serce, zwiększając dowóz tlenu i substancji odżywczych do tkanek w stresie i podczas wysiłku. Mięśnie tęczówki oka regulują, w zależności od potrzeb i warunków, poprzez zmianę średnicy źrenicy, ilość światła wpadającego do oka, tak aby zapewnić ostre widzenie przy silnym oświetleniu, a widzenie czegokolwiek - przy słabym. Natomiast mięśnie napinające soczewkę mogą zmieniać jej krzywiznę i przez to zachować ostrość widzenia przy przejściu od obserwacji dalekich obiektów do obserwacji bliskich obiektów i odwrotnie (zjawisko akomodacji).

Krzepnięcie krwi, regeneracja uszkodzonych tkanek i części ciała, zwalczanie infekcji przez pasożyty w sposób oczywisty przywracają ogólny stan organizmu (na który składa się wiele parametrów) do „wartości zadanej”, czyli po prostu zdrowia.

Na poziomie behawioralnym całego organizmu, wyczerpanie rezerw substancji odżywczych (tłuszczów, cukrów) w ciele zwierzęcia po długim okresie głodowania stymuluje aktywność tego zwierzęcia, które podejmuje odpowiednie działania nakierowane na pobranie pożywienia. Liczne sprzężenia zwrotne ujemne, obejmujące regulację działania systemu nerwowego oraz motorycznego, są uwikłane w realizację tego zadania.

Ścisła kontrola szybkości skurczu i napięcia poszczególnych mięśni zapewniająca płynność ruchów jest niezbędna przy tak skomplikowanych czynnościach, jak lokomocja, precyzyjne manipulacje ręką czy artykulacja mowy. Wystarczy pamiętać, jak długo dziecko uczy się chodzenia, operacji manualnych czy mówienia. Decyzja o ruchu i wobec tego o skurczu poszczególnych (grup) mięśni pochodzi od mózgu (m.in. z kory czołowej i motorycznej). Receptory czucia wewnętrznego (proprioceptory) mierzą bieżące napięcie poszczególnych mięśni i wysyłają zwrotny sygnał do mózgu (m.in. do mózdzku). W razie jakiegokolwiek odchylenia wartości tego parametru (lub szybkości jej zmian, też zresztą będącej parametrem) od wartości zadanej mózg przekazuje sygnał sterujący korygujący tę wartość i przywracający właściwą „trajektorię” pracy mięśni.

Szeroko rozumiane funkcje percepcyjne i poznawcze organizmów żywych stanowią elementy niezmiernie bogatej sieci sprzężeń zwrotnych ujemnych zaangażowanej w transformację (często bardzo upośrednioną) bodźców pochodzących ze środowiska w zachowanie się zwierzęcia, co w ostatniej instancji prowadzi do zaspokojenia jego rozmaitych potrzeb biologicznych. Dzieje się tak, ponieważ ogromna zmienność środowiska w przestrzeni i w czasie wymaga odpowiedniego reagowania żywego osobnika w celu utrzymania możliwie stałych wartości parametrów związanych z jego wewnętrzną homeostazą (np. odpowiedniej temperatury, poziomu cukrów, tłuszczów

i aminokwasów zużywanych jako źródło energii lub budulec, czy stężenia soli mineralnych) oraz z funkcjami rozrodczymi (zaspokojenie popędu płciowego). Sprzężenia zwrotne ujemne zaangażowane w ogólnie pojętą percepcję i poznanie mogą obejmować z jednej strony zjawiska tak proste jak (wspomniane wyżej) operon laktozowy i akomodacja oka, a z drugiej strony mechanizmy tak złożone jak działalność mózgu nakierowana na koordynację bieżącego i przyszłego behawioru osobnika żywego z przeszłymi, bieżącymi i antycypowanymi właściwościami środowiska oraz zachodzącymi w nim zdarzeniami. Na tę działalność składa się między innymi percepcja bodźców ze środowiska, integracja danych zmysłowych w złożone cechy i obiekty neuronalne / mentalne, asocjacja rozmaitych cech, obiektów i aspektów, wykrywanie obecnych w zespołach danych zmysłowych regularności i związków, formowanie i wykorzystywanie zapisów pamięciowych, planowanie oraz podejmowanie decyzji i tym podobne.

Wreszcie, bogata sieć sprzężeń zwrotnych ujemnych kontroluje przebieg morfogenezy (tworzenia struktury) podczas rozwoju embrionalnego. Proces ten oparty jest na centrach morfogenetycznych i gradientach morfogenów. Odpowiednia kombinacja stężeń tych ostatnich stanowi tzw. informację pozycyjną determinującą to, jaka struktura i tkanka wykształci się w danym miejscu zarodka. Zespół centrów morfogenetycznych / morfogenów jest zorganizowany hierarchicznie: te z wyższych poziomów hierarchii odpowiadają za wykształcanie większych struktur ciała, a zarazem generują wtórne centra morfogenetyczne wraz z ich morfogenami sterujące wytwarzaniem mniejszych (bardziej szczegółowych) struktur ciała. Ogólnie proces ten zwany jest kaskadą morfogenetyczną. Prowadzi ona do powstania takiego a nie innego osobnika żywego z jego określoną strukturą i funkcją. Różnicowanie się poszczególnych komórek w różne ich typy (komórki nabłonkowe, mięśniowe, nerwowe itp.) związane jest z kolei z hierarchicznie zorganizowaną kaskadą regulacji ekspresji genów w obrębie komórki, w której to kaskadzie geny regulatorowe wyższego rzędu aktywują lub hamują (poprzez produkcję odpowiednich białek regulatorowych) ekspresję genów niższego rzędu i związaną z tym produkcję białek regulatorowych niższego rzędu. W końcu, geny regulatorowe najniższego rzędu determinują aktywację odpowiednich ściśle określonych genów oraz syntezę białek odpowiedzialnych za tworzenie struktury i funkcji (np. białek cytoszkieletu, enzymów) w ściśle określonym miejscu, czasie i ilości. Oprócz białek regulatorowych produkcja poszczególnych białek struktury / funkcji sterowana jest przez tzw. miRNA (z ang. micro-RNA). Gradienty morfogenetyczne sterują nie tylko różnicowaniem, ale także migracjami rozmaitych typów komórek i apoptozą (zaprogramowaną śmiercią komórek). Cały opisany zespół procesów prowadzących do wygenerowania złożonej i hierarchicznie zorganizowanej struktury i funkcji dorosłego żywego osobnika musi być niezwykle precyzyjnie regulowany. Kiedy ta regulacja, oparta na wielce skomplikowanej sieci sprzężeń zwrotnych ujemnych i innych mechanizmów cybernetycznych, zawodzi (kiedy wielowymiarowa „trajektoria” morfogenezy odbiega od zadanej), rodzą się w najlepszym razie osobniki upośledzone funkcjonalnie, a w najgorszym — potworki. Wobec ogromnej złożoności układu, jakim jest osobnik żywy, podziw może budzić fakt, że sieć mechanizmów kontrolnych tak rzadko niepoprawnie spełnia tutaj swą rolę.

Gwoli ścisłości należy dodać, że sprzężenia zwrotne ujemne nie wyczerpują listy mechanizmów cybernetycznych odpowiedzialnych za kontrolę funkcjonowania i tworzenia struktury / funkcji osobników żywych. Na przykład podrzędne, „wbudowane” w sieć sprzężeń zwrotnych ujemnych sprzężenia zwrotne dodatnie odpowiedzialne są za „decyzje” oparte na zasadzie „wszystko albo nic”, między innymi podczas nieodwracalnego różnicowania komórek zarodka w poszczególne ich typy lub przy determinacji płci (zapewne także za wybory dotyczące działań dokonywane przez mózg). W tym przypadku, kiedy komórka lub cały rozwijający się osobnik wejdzie na jakąś drogę rozwojową, dalsze podążanie tą drogą ulega postępującemu wzmocnieniu. Inaczej mogłyby powstawać np. komórki będące skrzyżowaniem komórki nerwowej z mięśniową lub interseksy (osobniki posiadające cechy pośrednie pomiędzy samcem i samicą). Oba twory byłyby całkowicie dysfunkcjonalne z biologicznego punktu widzenia.

Całkiem powszechna jest także równoległa aktywacja, którą można by również nazwać „aktywacją wyprzedzającą” (ang. feedforward activation). Na przykład, podczas przejścia od spoczynku do wysiłku fizycznego aktywacji przez centralny układ nerwowy ulega nie tylko skurcz komórek mięśniowych w kończynach, ale także szybkość pracy płuc oraz serca (w tym ostatnim przypadku omawiana powyżej aktywacja przez adrenalinę wspomaga aktywację neuronalną). Ma to na celu wzmożony dowóz tlenu do mięśni następujący równoległe z jego podniesionym zużyciem przez mięśnie (na produkcję ATP w procesie fosforylacji oksydacyjnej). W obrębie komórki mięśniowej, nie tylko zużycie ATP na pracę mechaniczną wykonywaną przez filamenty miozyny i aktyny jest aktywowane przez jony Ca^{2+} , ale prawdopodobnie jakiś czynnik / mechanizm związany z tymi jonami prowadzi także do bezpośredniej aktywacji poszczególnych enzymów fosforylacji

oksydacyjnej oraz innych składników układu energetycznego komórki odpowiedzialnego za produkcję ATP. Mechanizm ten dominuje w mięśniu sercowym i współdziała z omawianym powyżej sprzężeniem zwrotnym ujemnym działającym w oparciu o stężenie ADP (produkt rozkładu ATP) w mięśniach szkieletowych. Wspomniany czynnik / mechanizm nie został jeszcze ostatecznie zidentyfikowany na drodze eksperymentalnej, ale za jego istnieniem przemawiają symulacje przy użyciu komputerowego modelu fosforylacji oksydacyjnej — jest to temat, którym się między innymi zajmuję w swojej „zawodowej” pracy naukowej [6]. Tak na marginesie, jest to jedyna znana mi próba teoretycznego przewidzenia istnienia nieodkrytych jeszcze czynników / zjawisk w biologii — przewidywanie takie stanowi chleb powszedni w fizyce.

Wróćmy jednak do sprzężeń zwrotnych ujemnych. Wszystkie one są zorganizowane hierarchicznie i wzajemnie połączone (pośrednio lub bezpośrednio). Na przykład, insulina i glukagon są białkami. Dlatego w ich syntezę są uwikłane (między innymi) wyżej wspomniane sprzężenia zwrotne ujemne odpowiedzialne za syntezę aminokwasów, ekspresję genów i produkcję białek. Podobny związek istnieje między systemem skurczu mięśnia i systemem produkcji energii (ATP), a pośrednio także systemem (obejmującym m.in. koordynację ruchów, percepcję i sterowanie behawiorem) odpowiedzialnym za pobieranie wraz z pożywieniem substratów oddechowych do produkcji ATP (skurcz mięśnia i praca mózgu wymaga ATP → produkcja ATP wymaga substratów oddechowych → zdobycie pożywienia wymaga koordynacji skurczu mięśni i funkcji percepcyjno-poznawczych). Łatwo można znaleźć mnóstwo podobnych przykładów. Ogólnie rzecz biorąc, wszystkie sprzężenia zwrotne ujemne w żywym osobniku tworzą spójnie zorganizowaną sieć, w obrębie której wszystkie sprzężenia są wzajemnie zależne i wzajemnie się warunkują. Dlatego cel, w sensie funkcjonalnym, każdego poszczególnego sprzężenia zwrotnego ujemnego jest zdeterminowany przez kontekst całego kompleksu sprzężeń zwrotnych ujemnych konstytuującego tożsamość cybernetyczną danego osobnika żywego. Można zatem powiedzieć, że funkcjonalny sens każdego sprzężenia zwrotnego ujemnego realizuje się przez **konotację**.

Ogólnie rzecz biorąc, wzajemne współwarunkowanie się funkcjonowania i genezy rozmaitych części (np. składników komórki, komórek, narządów) organizmu to jedna z najbardziej charakterystycznych cech osobników żywych. Stanowią one pewną zamkniętą i samowystarczalną (w określonych warunkach środowiska) całość. Osobniki żywe mogą się samo-wytwarzać (rozmnażać i rozwijać w procesie embriogenezy, naprawiać swoje ciała, odtwarzać swoje składniki). Jest to oparte na rekurencyjnej sieci produkcji komponentów na różnych poziomach hierarchii (metabolicznym, genetycznym, komórkowym, fizjologicznym). Omawiane współwarunkowanie się (genezy) elementów nazywane jest „zamknięciem przyczynowym” (ang. causal closure). Osobniki żywe są zorganizowane w przestrzeni i czasie w sposób kołowy (ang. circular way). Celowość regulacyjna osobników żywych związana z mechanizmami cybernetycznymi jest „czynna”, w opozycji do „biernej” celowości związanej ze „statyczną” strukturą i funkcją [4]. Również informacja cybernetyczna (regulacyjna) nie jest jedyną związaną z układami żywymi. Możemy jeszcze wyróżnić informację strukturalno-funkcjonalną (odnoszącą się np. do architektury komórki i do metabolizmu) oraz genetyczną (związaną z sekwencją nukleotydów w DNA / RNA i aparatem transkrypcyjno-translacyjnym przekładającym ją na sekwencję aminokwasów w białkach, która to sekwencja w głównej mierze determinuje docelową trójwymiarową strukturę i funkcję tych ostatnich). Jednakże, konieczność posiadania metabolizmu i zapisu / aparatu genetycznego (a także szereg innych cech, np. bycie strukturą dyssypatywną) wynika z konfrontacji abstrakcyjnej cybernetycznej definicji żywego osobnika z rzeczywistym światem i jego elementarnymi właściwościami [4]. Ponadto, cybernetyczna regulacja i przekazywanie sygnałów stanowi najbardziej aktywny, „nadzorczy” aspekt organizmów żywych, podczas gdy „stacjonarne” (niezmienne w czasie) funkcje, a zwłaszcza struktura i „nagi” zapis genetyczny stanowią elementy podległe, będące raczej przedmiotami, niż podmiotami działania. (Geny i informacja genetyczna w ogólności to coś w rodzaju taśmy magnetofonowej z nagraniem muzyką, decydującej o rodzaju muzyki, ale sama z siebie nie będącej zdolną tej muzyki generować). Oczywiście tak naprawdę nic w osobnikach żywych nie jest podrzędne, ale wszystko wzajemnie się współwarunkuje na zasadzie „błędneho koła” (ang. vicious circle). Tak jak nie ma sensu pytanie, co było pierwsze: jajko czy kura, tak samo nie ma sensu np. pytanie co jest ważniejsze lub pierwotniejsze: DNA czy białka. Równie dobrze można powiedzieć, że geny kodują białka, które zapewniają ich namnażanie (jak chce Dawkins), jak i że funkcjonalnie zintegrowany zespół białek zapisuje swoją tożsamość w postaci sekwencji nukleotydów w DNA. Prywatnie byłbym skłonny bardziej sympatyzować z tym drugim sformułowaniem.

Najsilniej wyrażone, najbardziej charakterystyczne i zdecydowanie najważniejsze sprzężenie zwrotne dodatnie w przypadku świata żywego to po prostu rozmnażanie się połączone

z dziedziczeniem, powielanie swojej tożsamości w możliwie dużej ilości kopii. Zawsze, potencjalnie przynajmniej, może zostać wyprodukowanych więcej osobników potomnych, niż istnieje rodziców. Na przykład, rozmnażające się przez podział bakterie, kiedy umieści się je na pożywce, podwajają swoją ilość w określonej jednostce czasu (potrzebnej na wzrost komórki i podwojenie jej masy) aż do wypełnienia pożywki. Jeśli zaczniemy od pojedynczej bakterii, to w kolejnych pokoleniach mamy 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 ... bakterii. Zatem, przy niewysyczonej pojemności środowiska, produkowanych jest tym więcej osobników żywych, im więcej już istnieje osobników żywych. Kiedy pojemność środowiska jest ograniczona i wysyczona, a zatem liczba osobników nie może rosnąć, sprzężenie zwrotne dodatnie przejawia się jako potencjał ekspansji. Może on przybrać formę wypychania innych tożsamości (osobników tego samego lub konkurencyjnych gatunków) z ograniczonej pojemności środowiska lub zasiedlania nowych terenów. Reprodukacja i związany z nią potencjał ekspansji leży u samego sedna istoty indywidualu biologicznego.

Moja cybernetyczna definicja żywego osobnika brzmi następująco: **Osobnik żywy to sieć sprzężeń zwrotnych ujemnych (podrzędny w stosunku do (będący na usługach) nadrzędnego sprzężenia zwrotnego dodatniego (reprodukcji))**. Cały zestaw sprzężeń zwrotnych ujemnych (szerzej: mechanizmów regulacyjnych i sterujących) pracujących na różnych poziomach hierarchii i reprezentujących cybernetyczny aspekt funkcjonowania żywego osobnika ma na celu podtrzymanie (przetrwanie) tożsamości tego osobnika. Z kolei, jedynym celem tej tożsamości jest powielenie się w możliwie dużej ilości kopii. Z cybernetycznego punktu widzenia tożsamość danego osobnika to właśnie taki a nie inny, unikalny kompleks sprzężeń zwrotnych ujemnych (mechanizmów regulacyjnych). Mamy tu do czynienia ze swego rodzaju (rekurencyjnym) błędnym kołem: sieć sprzężeń zwrotnych ujemnych nakierowana jest ultymatywnie na reprodukcję, a reprodukcja prowadzi do powielania danych konkretnych sieci sprzężeń zwrotnych ujemnych. Dlatego osobnik żywy może być przedstawiony jako pewna dynamiczna konfiguracja atomów (nie mam tu na myśli prymitywnego redukcjonizmu, uznaję własności emergentne) **nakierowana** dążnościowo **na siebie samą**, swoje własne przetrwanie i reprodukcję. W tym (funkcjonalnym, nie psychicznym) sensie jest ona niewątpliwie **intencjonalna**.

Na cybernetycznego osobnika żywego składają się wszystkie te i tylko te sprzężenia zwrotne ujemne, które nakierowane są na jego reprodukcję konstytuującą naczelne sprzężenie zwrotne dodatnie. Poszczególne sprzężenia zwrotne ujemne współdziałają ze sobą w celu maksymalizacji sukcesu rozrodczego. Zadaniem nadrzędnym, „wartością-matką” nie jest przeżycie, utrzymanie w stanie nienaruszonym swej struktury i funkcji, jak chciałoby wielu autorów, lecz reprodukcja właśnie. Znanych są dziesiątki tysięcy przykładów, kiedy osobniki rodzicielskie poświęcają swe życie, aby wesprzeć szanse na możliwie szybki wzrost, przeżycie i reprodukcję potomstwa. Oczywiście, przetrwanie do wieku rozrodczego (i prowadzące do niego „pod-cele”, takie jak zdobycie pożywienia, uniknięcie drapieżników, chorób i zranień itd.) jest nieodzownym warunkiem reprodukcji. Warto także podkreślić, że osobnik cybernetyczny to nie tylko stadium dorosłe, ale cały cykl życiowy. Dlatego np. zarodnik stanowi część (element, stadium) żywego osobnika, chociaż jego funkcje życiowe są bardzo ograniczone. To samo dotyczy wirusów. Wirion, to znaczy cząstka wirusa (kwas nukleinowy, RNA lub DNA, w osłonce białkowej — kapsydzie) poza komórką gospodarza (to jest to, co najczęściej jest nam prezentowane jako wirusy na zdjęciach lub obrazkach) nie wykazuje śladów metabolizmu lub jakiegokolwiek innej aktywności. Jednakże wirus „zanurzony” w metabolizmie gospodarza, który to metabolizm ulega przestawieniu przez wirusa dokonującego infekcji z jego normalnych torów na produkcję nowych cząstek wirusa, zachowuje się jak normalny pasożyt i wobec tego jest niewątpliwie żywy. Podobnie, za osobniki żywe należy, zgodnie z definicją cybernetyczną, uznać komórki nowotworowe, szczególnie te zdolne zarażać nowych gospodarzy (na przykład w przypadku mięsaka wenerycznego psa czy nowotworu pyska u diabła tasmańskiego), lub kolonie owadów społecznych. Problemy te obszernie omawiam w moich poprzednich publikacjach [1,3,5].

Podsumowując: cybernetyczny osobnik żywy to układ znaczących przez **konotację** sprzężeń zwrotnych ujemnych (w ogólności — mechanizmów regulacyjnych i sterujących), stanowiący **intencjonalne**, funkcjonalne **odzwierciedlenie świata** (fizycznego i biologicznego), **nakierowany** (rekurencyjnie) **na samego siebie**, na swoją własną reprodukcję.

Oczywiście ani proces powstawania życia na Ziemi ok. 3.8 miliarda lat temu, ani jego obecna forma nie sprowadzają się li tylko do aspektu cybernetycznego. Niemniej ważny jest aspekt genetyczny, strukturalny, termodynamiczno-energetyczny i tak dalej. Uważam jednak, jak wspomniałem, że wszystkie te aspekty wyłaniają się, niejako automatycznie, kiedy abstrakcyjną cybernetyczną definicję żywego osobnika skonfrontujemy z fizycznym światem zewnętrznym [4].

Przejdźmy teraz do istoty (samo)świadomości (którą możemy utożsamić z *osobnikiem psychicznym*, w odróżnieniu od diskutowanego powyżej *osobnika biologicznego*) — moje poglądy

na ten temat przedstawiłem szerzej przede wszystkim w wydanej po polsku i po angielsku książce [2] (wprowadzenie do tematu jest obecne już w [1]) (oraz w kilku artykułach w *Racjonaliscie*), dlatego w tym miejscu jedynie oszczędnie je streszczę. Zaczniemy od tego, iż moim zdaniem subiektywna sfera psychiczna jest zjawiskiem emergentnym, pochodną funkcjonowania sieci neuronalnej w ludzkim mózgu. W dużej części wrodzone struktury integracyjne (nazwa wprowadzona przeze mnie) oraz całkowicie nabyte w czasie rozwoju osobniczego struktury asocjacyjne niższego i wyższego rzędu (nazwa także moja) formują **obraz, odwzorowanie świata zewnętrznego**. Kształtowanie się sieci struktur asocjacyjnych jest nadzorowane przez system motywacyjny: popędy (np. samozachowawczy, płciowy, zaspokojenia głodu, poznawczy) plus mechanizmy nagrody i kary. Tworzone i wzmacniane są te struktury asocjacyjne, które skorelowane są (czasowo, sytuacyjnie) z zaspokojeniem popędów i przez to pozytywnie stymulują „ośrodek” nagrody / kary, natomiast osłabieniu i usuwaniu ulegają struktury stowarzyszone z brakiem zaspokojenia popędów i przez to negatywnie pobudzające wspomniany (funkcjonalny raczej, niż strukturalny) ośrodek. Powoduje to, iż struktura sieci neuronalnej ma charakter **intencjonalny**. Neurony w sieci neuronalnej znaczą poprzez kontekst funkcjonalny, poprzez odniesienie jedne do drugich. Chodzi tu o to z jakimi innymi neuronami (ewentualnie receptorami lub efektorami) się one łączą i w jaki sposób. A więc określenie operacyjnego sensu poszczególnych neuronów i ich grup ma charakter względny, relacyjny, odbywa się na zasadzie **konotacji**.

Uważam, iż psychicznym korelatem dynamicznej struktury połączeń neuronalnych w ludzkim mózgu jest coś, co nazywam siecią pojęciową. Pojęcia w tej sieci, tak jak komórki nerwowe i ich grupy w sieci neuronalnej, znaczą w odniesieniu jedne do drugich, poprzez **konotację**. W ostatecznej instancji wszystkie pojęcia w sieci pojęciowej warunkują („definiują”) wszystkie inne pojęcia. Pojęcia stanowią, mniej lub bardziej niedoskonałe, **odwzorowanie** w ludzkim umyśle rozmaitych obiektów, zależności, aspektów i praw występujących w **świecie zewnętrznym** (istnieją oczywiście także pojęcia, którym nic realnego, czy wręcz sensownego nie odpowiada). Sieć pojęciowa stanowi substancję naszego umysłu, wszystko, do czego mamy bezpośredni dostęp. Takie obiekty / procesy psychiczne, jak myśli, wrażenia, emocje, sny, halucynacje, wspomnienia, wyobrażenia itd. to rozmaite sposoby pobudzenia sieci pojęciowej.

Ogólnie rzecz biorąc, wspólną cechą sieci neuronalnej i sieci pojęciowej — wynikającą z ich wzajemnych związków — jest to, iż stanowią one odzwierciedlenie świata zewnętrznego w sensie funkcjonalno-poznawczym i składają się ze znaczących przez konotację elementów.

Wróćmy jednak do sedna „osobnika psychicznego”, czyli naszego „ja”, (samo)świadomości (uważam, że świadomość „psychiczna”, w opozycji do „instrumentalnej”, czyli czysto „mechanicznej” reprezentacji przedmiotu w obrębie jakiegoś podmiotu, nie może istnieć bez samoświadomości). Moim zdaniem dla wyłonienia się psychicznego poziomu rzeczywistości z neurofizjologicznej aktywności mózgu kluczowy jest nie tyle stopień, co *rodzaj* skomplikowania i uorganizowania sieci komórek nerwowych świadomego podmiotu. Sądzę, że ową nową jakością, specyficznym sposobem funkcjonalnej (operacyjnej) architektury sieci neuronalnej, który doprowadził do wyłonienia się samoświadomości i tym samym świadomości psychicznej była relacja nakierowania na siebie, samostosowalności. Na poziomie sieci pojęciowej, którą, jak wspomniałem, uważam za mentalny ekwiwalent (korelat) sieci neuronalnej w mózgu, oznaczało to uformowanie się w jej obrębie podmiotu zdolnego do śledzenia procesów zachodzących w tejże sieci łącznie z samym sobą, nakierowanie aparatu poznawczego, który dotychczas odbierał jedynie obraz świata ukształtowany w sieci pojęciowej, na samego siebie, swój własny obraz w tejże sieci. Właśnie to zdarzenie doprowadziło do wyłonienia się trzeciego, psychicznego poziomu rzeczywistości (po fizycznym i biologicznym), obejmującego całą sferę subiektywnych odczuć w naszym umyśle. To owa rozwijająca się w nieskończoność rekurencja, coś w rodzaju wzajemnego odbijania się w sobie dwóch ustawionych naprzeciw siebie luster, stanowi o kompletnej odmienności (od świata materialnego) i „niesamowitości” fenomenów psychicznych.

W trakcie ewolucji powstał w mózgu pewien (funkcjonalny raczej, niż ściśle zlokalizowany i określony strukturalnie) poznawczo-decyzyjny „ośrodek”, złożony „obwód neuronalny” porównujący dane napływające od receptorów z zapisami pamięci, koordynujący rozmaite funkcje centralnego układu nerwowego i podejmujący decyzje o stymulacji efektorów. Ośrodek ten konfrontuje sygnały z otoczenia z już istniejącą siecią pojęciową, ukształtowanym w jej obrębie obrazem świata. Jednocześnie, używa odpowiednio zintegrowanych danych sensorycznych do rozbudowy tej sieci. Na poziomie sieci neuronalnej, jego działalność polega na aktywacji, tworzeniu i modyfikacji struktur asocjacyjnych niższego i wyższego rzędu. W jego działaniu istotną rolę odgrywa autonomiczna aktywność kory mózgowej, czyli procesy myślenia. Jeżeli wyodrębnimy go arbitralnie jako względnie

dobrze izolowany system, to wejściami tego systemu będą receptory i partie sieci nerwowej (kora sensoryczna) obrabiające dane od nich pochodzące, a także istniejące zapisy pamięciowe. Powstanie (samo)świadomości polegałoby na nakierowaniu części wejść tego systemu na siebie samego, czyli na samorozpoznaniu się procesów zachodzących we wspomnianym ośrodku. Procesy te „obrabiałyby” także same siebie, tak jak wcześniej obrabiały dane pochodzące od receptorów. Wspomniany ośrodek poznawczo-decyzyjny, oprócz obrazu świata zewnętrznego, utworzył w swoim własnym obrębie także obraz samego siebie. Innymi słowy, ośrodek ten rzutuje (odwzorowuje) siebie w siebie, tworzy w swoim obrębie swój własny model. Odwołuje się rekurencyjnie do samego siebie. Jest więc to w istocie relacja samostosowalności, analogiczna w dużym stopniu do podobnej relacji zachodzącej w paradoksie kłamcy, antynomii klas Russella i dowodzie Gödla. Psychicznym korelatem tego stanu rzeczy było pojawienie się w obrębie sieci pojęciowej pojęcia "ego", „ja", a w rezultacie — pozorne rozwarstwienie się całej sieci na część „subiektywną", nakierowaną zarówno na samą siebie jak i na obraz świata zewnętrznego, oraz część „obiektywną", czyli tworzącą obraz świata zewnętrznego. To właśnie samonakierowanie na siebie odpowiada subiektywnym odczuciom psychicznym. W mojej koncepcji świadomość psychiczna jest ściśle związana z samoświadomością, będąc przez tą ostatnią warunkowana.

Moja koncepcja rekurencyjnego, nieustającego, bez końca rzutowania ośrodka poznawczego samego w siebie, izomorficznego z logicznymi paradoksami, ma na celu wyjaśnienie dramatycznej odmienności jakościowej (od świata zewnętrznego), specyficzności, wyjątkowości czy niesamowitości wręcz subiektywnej sfery fenomenów psychicznych, a także istoty (samo)świadomości i poczucia ego. To właśnie owa odmienność i specyficzność domagają się wyjaśnienia. To właśnie wyjaśnienie ich genezy jest tym, czego brakuje mi w propozycjach innych autorów także zajmujących się naturą umysłu, psychiki i świadomości oraz związkiem tych fenomenów z funkcjonowaniem mózgu, takich jak na przykład Crick, Koch, Greenfield, Penrose, Dennet, Damasio, Calvin, Llinas, Cairns-Smith i wielu, wielu innych [7-15]. Jakoś nie mogę dopatrzeć się genezy kategorialnej odmienności (samo)świadomości w takich przyczynach jak całościowa wielkość sieci komórek nerwowych, czasowo skorelowane wyładowania neuronów o częstotliwości 40 Hz, stałe wzorce czynnościowe (Fixed Action Patterns — FAP), funkcja falowa w mikrotubulach, konkurencja pomiędzy sobą wzorców aktywności mózgu, uwarunkowanie obecności świadomości przez aktywność rdzenia przedłużonego itd.. Ale może to jedynie kwestia mojego braku wyobraźni. Osobiście uważam, że „specjalność” subiektywnego umysłu potrzebuje specjalnych wyjaśnień, i taką specjalność odnajduję w logicznie paradoksalnej, rekurencyjnej w swej istocie relacji samostosowalności, nakierowania na samego siebie.

Nadszedł w końcu czas, aby zająć się sygnalizowanymi na początku tego artykułu paralelami pomiędzy istotą i genezą życia (osobnika biologicznego) i samoświadomości (osobnika psychicznego). Analogia pomiędzy siecią mechanizmów regulacyjnych a siecią nerwową (i pojęciową) leżącymi u ich podstawy jest dosyć głęboka. Po pierwsze, jak wspomniałem powyżej, obie sieci stanowią pewną, funkcjonalnie celową (**intencjonalną**), operacyjną reprezentację, **odwzorowanie** rozmaitych aspektów **świata zewnętrznego**, ważnych dla przeżycia organizmu. Warto dodać, że w istocie rzeczy sieć nerwowa / pojęciowa *jest* (z formalno-cybernetycznego punktu widzenia) częścią sieci sprzężeń zwrotnych ujemnych, odpowiedzialną za funkcje behawioralne i poznawcze. Po drugie, znaczenie poszczególnych elementów sieci, z jednej strony sprzężeń zwrotnych ujemnych (mechanizmów cybernetycznych), a z drugiej — neuronów i utworzonych z nich struktur asocjacyjnych (pojęć), odbywa się na drodze **konotacji**, czyli jedne elementy mają sens jedynie wobec innych elementów, a w ostatecznej instancji — w kontekście całej sieci. Wreszcie, obie sieci są rekurencyjnie **nakierowane na siebie** (relacja **samosostosowalności**). Ułtymatywnym zadaniem sieci sprzężeń zwrotnych ujemnych składających się na cybernetyczną tożsamość osobnika żywego jest powielenie samej siebie w możliwie dużej ilości kopii. Natomiast sieć neuronalna leżąca u podstawy osobnika psychicznego skierowana jest na siebie w sensie kognitywnym, stanowi zarazem podmiot, jak i przedmiot swego poznania.

Mówiąc krótko, choć w dużym uproszczeniu, osobnik żywy to homeostatyczny replikator. Bez sieci sprzężeń zwrotnych ujemnych samopowielający się układ byłby po prostu replikatorem, jakie można bez trudu znaleźć w prostych autokatalitycznych układach chemicznych. I przypuszczalnie tak się u zarania ewolucji biologicznej zaczynało życie — najpierw powstały replikatory (sprzężenie zwrotne dodatnie), być może (przynajmniej wedle mojej opinii) złożone z hipercykli białek i kwasów nukleinowych zamkniętych w tworach podobnych koacerwatom (prostym pęcherzykom powielającym się samoistnie przez wzrost i podział w wyniku elementarnych procesów fizycznych), a dopiero potem zostały one „ubrane” w sieć sprzężeń zwrotnych ujemnych podtrzymującą ich egzystencję i proliferację, i umożliwiającą wzrost złożoności (w procesie ewolucji). W przypadku

ewolucyjnego powstawania (samo)świadomości było odwrotnie — najpierw ukształtowała się sieć neuronalna / pojęciowa, a dopiero później (w trakcie ewolucji człowieka, a w pierwotniejszej postaci być może niektórych zwierząt) nastąpiło samonakierowanie się tej sieci na samą siebie. A więc, jak sądzę, ta sekwencja zdarzeń ewolucyjnych różni procesy powstawania życia i świadomości. Nigdy jednak nie twierdziłem, że oba zjawiska były pod każdym względem identyczne, a jedynie, że życie i (samo)świadomość wykazują duże podobieństwa formalne.

Podsumowując (raz jeszcze), wedle mojej koncepcji, „wyższy” poziom rzeczywistości (biologiczny lub psychiczny) wyłania się z poziomu „niższego” (odpowiednio: fizycznego lub biologicznego) poprzez samonakierowanie się na siebie znaczącej przez konotację sieci elementów (sprzężeń zwrotnych ujemnych lub pojęć), stanowiącej ewolucyjnie celową, intencjonalną reprezentację pewnych aspektów świata zewnętrznego. W tym ujęciu, wyłonienie się świadomości psychicznej (samoświadomości) z nieświadomej sieci połączeń nerwowych w mózgu byłoby, w pewnym istotnym sensie, „powtórzeniem”, na niejako wyższym poziomie, aktu powstania zjawiska życia z materii nieożywionej.

Nie sądzę zatem, że do powstania wyższego poziomu rzeczywistości z poziomu niższego potrzebny jest jakiś odrębny, w sensie filozoficznym, byt: siła życiowa (*vis vitalis*) w przypadku życia lub duch w przypadku psychiki. Nie jestem jednak także prymitywnym redukcjonistą, a więc nie twierdzę, że wszystko, co tak naprawdę istnieje, to - odpowiednio — atomy i neurony. Uważam, iż sprawą kluczową jest stopień, a przede wszystkim rodzaj (obiektywnie istniejącej) złożoności, funkcjonalnej organizacji tych elementów. Tak naprawdę liczy się jedynie SYSTEM.

Na koniec można by zapytać „po co” w ogóle powstały życie i samoświadomość, lub też, innymi słowami, jaki jest sens i cel ewolucji biologicznej i psychicznej. Odpowiedź na te pytania jest prosta: „po nic”. Wspomniane procesy nie mają celu ani sensu, one po prostu zachodzą w układach materialnych, w których spełnione są określone, sformułowane powyżej warunki. Podobnie, ciała obdarzone masą spadają w polu grawitacyjnym, a kryształy rosną w nasyconym roztworze soli. To znaczy, mówiąc ściśle, chodzi mi o „zewnętrzny” punkt widzenia. Jak argumentowałem powyżej, zarówno układy biologiczne, jak i obdarzone psychiką posiadają swego rodzaju „wewnętrzną” celowość (intencjonalność), biorącą się z określonych mechanizmów cybernetycznych, w jakie są wyposażone. Nie na darmo wszak sprzężenia zwrotne ujemne nazywane są mechanizmami dążnościowymi, nakierowanymi na realizację określonego zadania — w przypadku osobników żywych chodzi tu oczywiście o przeżycie i reprodukcję. Podobnie, mechanizmy neurofizjologiczne leżące u podłoża samoświadomości mogą odgrywać rolę w funkcjonowaniu języka lub relacji społecznych — nakierowanie na siebie ośrodka poznawczego będącego „siedliskiem” procesów myślenia i planowania prowadziłyby do wyłonienia się wyraźnego „ego”, a w konsekwencji do ostrego rozgraniczenia pomiędzy „ja” i „on” („oni”). Niewątpliwie mamy subiektywne psychiczne poczucie celowości i intencjonalności naszego umysłu. Nie zmienia to jednak faktu, że, widziane z zewnątrz, zjawiska życia i samoświadomości są równie „bezsensowne”, jak procesy czysto fizyczne. W najlepszym razie możemy mówić o „wewnętrznej funkcji” sieci sprzężeń zwrotnych ujemnych i sieci neuronalnych, z działania których wyłaniają się wspomniane fenomeny.

Literatura

1. B. Korzeniewski. Trzy Ewolucje. Ewolucja Wszechświata, Ewolucja Życia, Ewolucja Świadomości (<http://awe.mol.uj.edu.pl/~benio/>). Korona, Kraków 1998.
2. B. Korzeniewski. Od Neuronu do (Samo)Świadomości. Prószyński i S-ka, Warszawa 2005 (wydana po angielsku jako „From neurons to self-consciousness”, Amherst, New York 2010). (dostępna: <http://awe.mol.uj.edu.pl/~benio/>).
3. B. Korzeniewski. Cybernetic formulation of the definition of life. *Journal of Theoretical Biology* 209, 275-286, 2001.
4. B. Korzeniewski. Confrontation of the cybernetic definition of a living individual with the real world. *Acta Biotheoretica* 53, 1-28, 2005.
5. B. Korzeniewski. Artificial cybernetic living individuals based on supramolecular-level organization as dispersed individuals. *Artificial Life* 17, 51-67, 2011.
6. B. Korzeniewski. Komputerowe modelowanie regulacji fosforylacji oksydacyjnej. *KOSMOS* 54 (2-3), 163-173, 2005. (dostępna: <http://awe.mol.uj.edu.pl/~benio/>).
7. F. Crick. Zdumiewająca hipoteza. Czyli nauka w poszukiwaniu duszy. Prószyński i S-ka, Warszawa 1997.
8. D. C. Dennett. Natura umysłów. CIS, Warszawa 1997.
9. A. R. Damasio. Tajemnica świadomości. Jak ciało i emocje współtworzą świadomość. REBIS, Poznań 2000.

10. E. M. Macphail. Ewolucja świadomości. REBIS, Poznań 2002.
11. A.G. Cairns-Smith. Ewolucja umysłu. O naturze i pochodzeniu świadomości. Amber, Warszawa 1998.
12. S. Greenfield. Mózg. CIS, Warszawa 1999.
13. R. Penrose. Nowy umysł cesarza. PWN, Warszawa 1996.
14. C. Koch. The Quest for Consciousness: A Neurobiological Approach. Roberts & Co., 2004.
15. R.R. Llinas. I of the vortex. From neurons to self. MIT Press, 2002.

Bernard Korzeniewski

Biolog - biofizyk, profesor, pracownik naukowy Uniwersytetu Jagiellońskiego (Wydział Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii). Zajmuje się biologią teoretyczną - m.in. komputerowym modelowaniem oddychania w mitochondriach. Twórca cybernetycznej definicji życia, łączącej paradygmaty biologii, cybernetyki i teorii informacji. Interesuje się także genetyką i istotą świadomości oraz samoświadomości. Jest laureatem Nagrody Prezesa Rady Ministrów za habilitację oraz stypendystą Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej. Jako "visiting professor" gościł na uniwersytetach w Cambridge, Bordeaux, Kyoto, Halle. Autor książek: "Absolut - odniesienie urojone" (Kraków 1994); "Metabolizm" (Rzeszów 1995); "Powstanie i ewolucja życia" (Rzeszów 1996); "Trzy ewolucje: Wszechświata, życia, świadomości" (Kraków 1998); "Od neuronu do (samo)świadomości" (Warszawa 2005), [From neurons to self-consciousness: How the brain generates the mind](#) (Prometheus Books, New York, 2011).



[Strona www autora](#)

[Pokaż inne teksty autora](#)

(Publikacja: 16-01-2012)

[Oryginał.](http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,7692) (<http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,7692>)

Contents Copyright © 2000-2012 Mariusz Agnosiewicz

Programming Copyright © 2001-2012 Michał Przech

Właścicielem portalu Racjonalista.pl jest Fundacja Wolnej Myśli.

Autorem portalu jest Michał Przech, zwany niżej Autorem.

Żadna część niniejszych opracowań nie może być wykorzystywana w celach komercyjnych, bez uprzedniej pisemnej zgody Właściciela, który zastrzega sobie niniejszym wszelkie prawa, przewidziane w przepisach szczególnych, oraz zgodnie z prawem cywilnym i handlowym, w szczególności z tytułu praw autorskich, wynalazczych, znaków towarowych do tego portalu i jakiegokolwiek jego części.

Wszystkie elementy tego portalu, wliczając w to strukturę katalogów, skrypty oraz inne programy komputerowe są administrowane przez Autora. Stanowią one wyłączną własność Właściciela. Właściciel zastrzega sobie prawo do okresowych modyfikacji zawartości tego portalu oraz opisu niniejszych Praw Autorskich bez uprzedniego powiadomienia. Jeżeli nie akceptujesz tej polityki możesz nie odwiedzać tego portalu i nie korzystać z jego zasobów.

Informacje zawarte na tym portalu przeznaczone są do użytku prywatnego osób odwiedzających te strony. Można je pobierać, drukować i przeglądać jedynie w celach informacyjnych, bez czerpania z tego tytułu korzyści finansowych lub pobierania wynagrodzenia w dowolnej formie. Modyfikacja zawartości stron oraz skryptów jest zabroniona. Niniejszym udziela się zgody na swobodne kopiowanie dokumentów

portalu Racjonalista.pl tak w formie elektronicznej, jak i drukowanej, w celach innych niż handlowe, z zachowaniem tej informacji.

Plik PDF, który czytasz, może być rozpowszechniany jedynie w formie oryginalnej, w jakiej występuje na portalu. **Plik ten nie może być traktowany jako oficjalna lub oryginalna wersja tekstu, jaki prezentuje.**

Treść tego zapisu stosuje się do wersji zarówno polsko jak i angielskojęzycznych portalu pod domenami Racjonalista.pl, TheRationalist.eu.org oraz Neutrum.eu.org.

Wszelkie pytania prosimy kierować do redakcja@racjonalista.pl