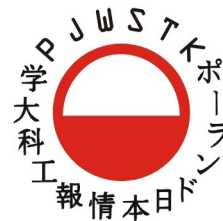


CZY CHAITIN UDOWODNIŁ DARWINA..?

Garść krytycznych refleksji nt. *metabiologii* Gregory Chaitina

Radosław Siedliński



POLSKO-JAPONSKA
WYŻSZA SZKOŁA
TECHNIK KOMPUTEROWYCH

I. GREGORY CHAITIN A BIOLOGIA

TO A MATHEMATICAL DEFINITION OF “LIFE”

ACM SICTACT News, No. 4
(January 1970), pp. 12–18

G. J. Chaitin

The complexity of something is the size of the smallest program which **computes it or a complete description of it**. Simpler things require smaller programs.

We believe that the most fundamental property of living organism is the enormous interdependence between their components. A living being is a unity: **it is much simpler to view it as a whole** than as the sum of parts. If we want **to compute a complete description** of space-time region that is a living being, the program will be smaller in size if the calculation is done all together, than if it is done by independently calculated descriptions of parts of the region and then putting them together.

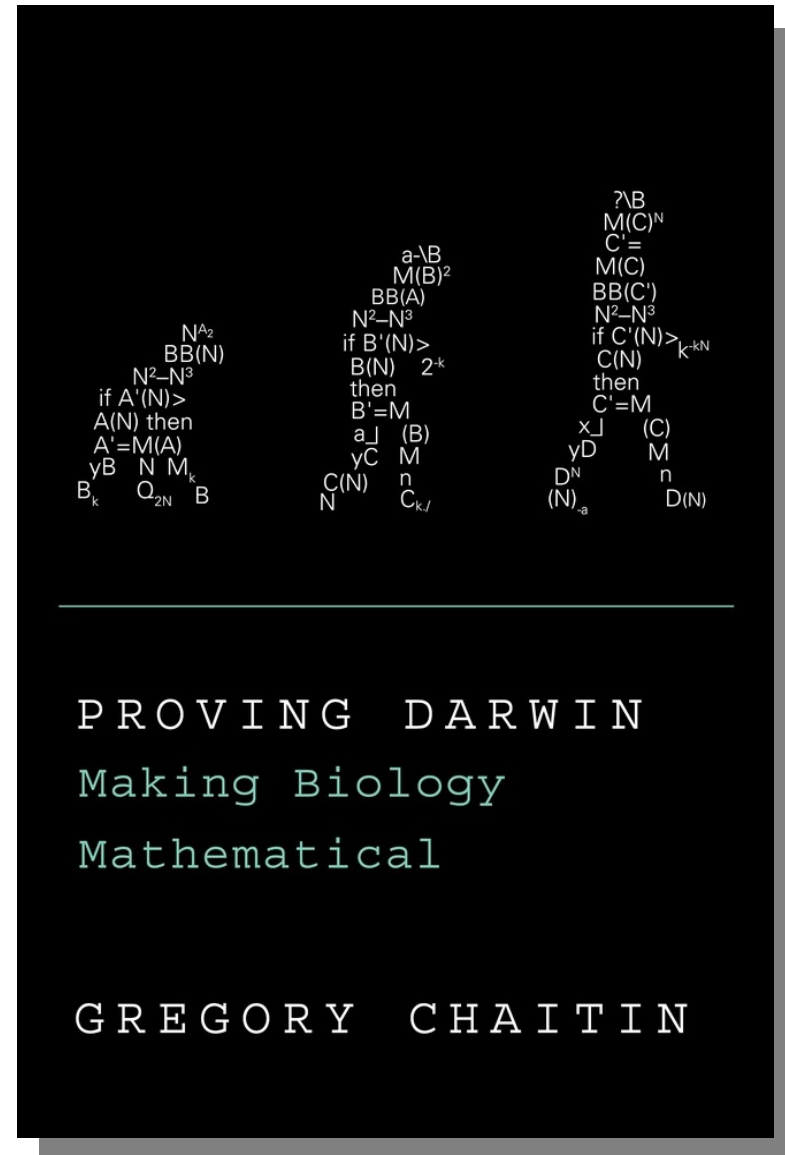
If the whole is **very much simpler than the sum of it's parts**, we have the interdependence that characterizes a living being.

II. IDEA "METABIOLOGII"

Proving Darwin. Making Biology Mathematical

Pantheon Books, New York 2012

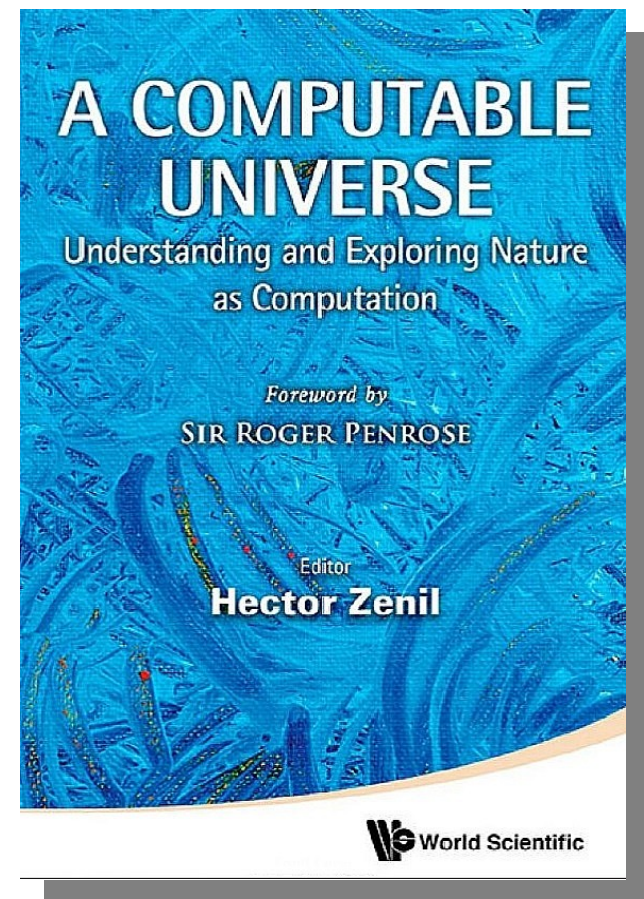
Metabiology is a field parallel to biology and dealing with the random evolution of artificial software (computer programs) instead of natural software (DNA).



II. IDEA "METABIOLOGII"

Life as Evolving Software

(w: "A Computable Universe: Understanding and Exploring Nature as Computation", ed. Hector Zenil, World Scientific, Singapore 2013)



We present an information-theoretic analysis of Darwin's theory of evolution, modeled as **hill-climbing on a fitness landscape**.

Our space of possible organism consists of **computer programs, which are subjected to random mutations**.

We study the random walk of increasing fitness made by **single mutating organism**.

We are able to show that **evolution will occur** and to characterize **the rate of evolutionary progress** (i.e. the rate of biological creativity).

II. IDEA "METABIOLOGII"

What biology is about? Well **it is about information**. Even theoretical physics is now starting to be about information: qubits. But biology is about a different kind of information: **algorithmic information**. Our bodies are **full of software**, extremely ancient software.

Instead of studying randomly evolving natural software, DNA, we will develop a parallel theory, a theory of **randomly evolving artificial software**, randomly evolving computer programs. [That's what metabiology is about.](#)

II. IDEA "METABIOLOGII"

Yes, human beings are machines, but if you want to understand evolution, **you have to concentrate on the software**, which is what evolves and is **more important than the hardware**. So that's what this book is about: *L'Homme software* instead of *L'Homme machine*.

Metabiology is a kind of **Pythagorean biology**. Metabiology is a mathematical proof that life exists. I construct artificial mathematical life-forms. I have **a minimal model of biology, a toy model**, and I can prove it evolves by Darwinian evolution. **I have found an evolving life-form in the Pythagorean world of pure mathematics!**

II. IDEA "METABIOLOGII"

Biologists think that every details counts; they do not distinguish between what is **fundamental** and what is **secondary**.

The energetics, the metabolism of living organisms is unimportant, **all that counts is the information**, all that counts is where you get the instructions for doing something. The energy will take care of itself!

I do take from Dawkins his **emphasis on genes**. Who cares about bodies?! My organisms have **no metabolism, no bodies, only DNA**; no hardware, only software.

II. IDEA "METABILOGII"

LIFE = EVOLVING SOFTWARE

DNA = PROGRAMMING LANGUAGE

Origin of Life = Origin of Software

Biology = Software Archeology

Godel, Turing, Post, von Neumann opened a door from math to biology; they gave us the necessary conceptual tool-kit. We need postmodern, discreet, algorithmic math to understand biology, not Newtonian differential equations, not analysis, not old math.

Klasyczna matematyka = ciągłość, równania różniczkowe = **dobra dla fizyki**

Postmodernistyczna matematyka = dyskretna, algorytmiczna = **dobra dla biologii**

EWOLUCJA DARWINOWSKA (BIOLOGIA)	"TOY MODEL" CHAITINA (METABIOLOGIA)
Organizmy	Programy komputerowe (P)
Dostosowanie (F)	Liczba naturalna, którą oblicza P
Mutacja	Program (M), taki że $M(P) = P'$ przy czym $F_P < F_{P'}$
Ewolucja	Sekwencja programów potomnych powstałych na skutek działania mutacji (droga w przestrzeni możliwych programów)
Dystans genetyczny	Wielkość w bitach najmniejszej mutacji M, takiej że $M(P) = P'$



P – n-bitowy program

M – mutacja

P' – program potomny

1) **P** symuluje organizm biologiczny **O**

2) Wartość dostosowania **F(O)** jest wyrażana liczbą naturalną **N** zwracaną przez **P** w momencie zakończenia pracy:

$$F(O) = N_P$$

3) Następnie **P** poddawany jest mutacji w wyniku której uzyskuje się potomka **P'**:

$$P' = P(M)$$

4) Jeżeli $N_P < N_{P'}$ to **P** jest zastępowany przez **P'** a cała procedura powtarzana od nowa

5) Prawdopodobieństwo zajścia udanej mutacji **M** wyraża się przez 2^{-n}

III. PRACOWITY BÓBR

Do modelowania rywalizacji między kolejnymi generacjami organizmów Chaitin używa funkcji Pracowitego Bobra (***Busy Beaver*** – **BB**).

Funkcja **BB(n)** jest definiowana jest jako największa liczba naturalna zwracana przez n-stanową, binarną maszynę Turinga, która zaczyna pracę od czystej taśmy:

E_n – zbiór zatrzymujących się, n-stanowych, binarnych maszyn Turinga (**M**)

$\sigma(\mathbf{M})$ – liczba jedynek drukowanych przez maszynę $\mathbf{M} \in E_n$ w momencie zatrzymania się

$\mathbf{BB}(n) = \max [\sigma(\mathbf{M}) \mid \mathbf{M} \in E_n]$ – największa liczba jedynek drukowanych przez jakąkolwiek n-stanową, binarną maszynę Turinga $\mathbf{M} \in E_n$

Każda maszyna **M**, dla której $\sigma(\mathbf{M}) = \mathbf{BB}(n)$ nazywana jest **Pracowitym Bobrem** (BB).

Funkcja BB rośnie szybciej niż jakakolwiek funkcja obliczalna.

Znamy wartości BB wyłącznie dla $n \leq 4$:

$\mathbf{BB}(1) = 1$, $\mathbf{BB}(2) = 4$, $\mathbf{BB}(3) = 6$, $\mathbf{BB}(4) = 13$

Dla $n > 4$ znamy jedynie ograniczenia dolne:

$\mathbf{BB}(5) = 4089$

$\mathbf{BB}(6) = 10^{1439}$

IV. MUTACJE A TEMPO EWOLUCJI

Chaitin rozważa trzy różne reguły wyboru konkretnej mutacji spośród puli możliwych programów mutujących dostępnych na każdym etapie ewolucji:

Reguła wyboru mutacji (dla n-bitowego organizmu)	Czas T potrzebny na osiągnięcie BB(n)
Czysto losowo	$T = 2^n$
Zgodnie z rozkładem prawdopodobieństwa (ewolucja darwinowska)	$n^2 \leq T \leq n^3$
Zawsze wybieramy optymalną mutację (Inteligentny Projekt)	$T = n$

V. UŻYCIE WYROCZNI

W modelu Chaitina obserwujemy zatem **ewolucję pojedynczego organizmu** symulowanego przez maszynę Turinga (lub program w konkretnym języku). W każdym pokoleniu jest on mutowany w potomka (P'), który zastępuje przodka (P) jeżeli:

- a) zatrzymuje się
- b) drukuje liczbę naturalną
- c) większą niż liczba drukowana przez przodka.

Powyższa procedura jest **nieobliczalna**, gdyż wymaga **rozwiązania problemu stopu**. Ażeby obejść ten problem Chaitin uznaje za konieczne odwołanie się do **użycia wyroczni**:

- 1 – gdy mutujemy P przy użyciu programu mutującego M , aby uzyskać P'
- 2 – gdy sprawdzamy, czy P' jest programem zatrzymującym się

VI. MODEL CHAITINA A BIOLOGIA

BIOLOGIA	MODEL CHAITINA
Wiele koegzystujących organizmów	Jeden organizm – program
Populacje genetyczne	Brak populacji
Ograniczone zasoby środowiskowe (czas jest skończony)	Nieograniczone zasoby obliczeniowe (taśma maszyny i czas są nieskończone)
Zróżnicowanie osobnicze	Brak zróżnicowania osobniczego
Rywalizacja organizmów o zasoby	Brak rywalizacji o zasoby
Zróżnicowana przeżywalność osobnicza	Każdy udany mutant przeżywa
Przeżywalność zależy od dziedziczności	Brak dziedziczności
Populacja może utknąć na lokalnym szczycie w krajobrazie adaptacyjnym	Program zawsze osiąga najwyższy możliwy poziom adaptacji (Pracowitego Bobra)
POPULACJE, EKOLOGIE, NIEOCZYWISTY WYNIK	BRAK POPULACJI, BRAK EKOLOGII, OCZYWISTY WYNIK

VII. KRYTYKA METABILOGII

Active Information in Metabiology

Winston Ewert,¹ William A. Dembski,² Robert J. Marks II¹

¹Electrical & Computer Engineering, Baylor University, Waco, Texas, USA

²Discovery Institute, Seattle, Washington, USA

- Mutacje działają **wyłącznie** w kierunku zwiększonej dostosowalności (**F może tylko rosnać**)
- Brak mutacji **obniżających** wartość parametru F i wpływających na przeżywalność organizmu
- Mutacje w modelu Chaitina nie są losowe, lecz **ukierunkowane**
- Ewoluujący program **zawsze** osiąga poziom BB (choć różny może być czas do tego potrzebny)
- Brak **lokalnych** szczytów adaptacyjnych (**zawsze** istnieje mutacja, która prowadzi ku **wyższej** wartości parametru F; dystans genetyczny między pokoleniami jest **skończony**)
- Krajobraz ewolucyjny jest **ekstremalnie gładki** – możliwa jest wyłącznie podróż od podnóża do samego szczytu (BB)

METABILOGIA JEST MODELEM TELEOLOGICZNYM !!!

VIII. PRÓBA OCENY

CO DOKŁADNIE CHCIAŁ OSIĄGNAĆ CHAITIN?

- 1) **Wykazać istnienie** matematycznych obiektów spełniających definicję obiektów żywych w sensie biologicznym (definicja J. Maynarda-Smitha, *Problems of Biology*, 1985)
- 2) Wykazać, że ewolucja typu darwinowskiego **jest wystarczająca** do uzyskania wzrostu złożoności (mierzonej jako poziom dostosowania) wśród tych obiektów
- 3) Stworzyć matematycznie precyzyjny a zarazem **empirycznie adekwatny** model funkcjonowania **biologicznych** procesów ewolucyjnych

CZY UDAŁO MU SIĘ TEGO DOKONAĆ?

- 1) TAK
- 2) TAK
- 3) NIE

VIII. PRÓBA OCENY

1) Redukcjonizm

Radykalny informacjocentryzm (w postaci skrajnego genocentryzmu) pomijający metaboliczne / termodynamiczne aspekty procesów ożywionych.

Życie można – i należy! – zredukować do procesów czysto informacyjnych:

LIFE IS INFORMATION THAT IS CAPABLE OF EVOLVING

2) Funkcjonalizm

W przyjętej przez Chaitina optyce życie przestaje być domeną obiektów biologicznych i może być implementowane do dowolnym środowisku:

LIFE ≠ WET-WARE

3) Platonizm

Istotą procesów biologicznych są procesy informacyjne, których idealną, matematyczną postać odsłania właśnie model Chaitina.

IX. PLATONIZM CHAITINA ?

This is my current best effort to find **the Platonic ideal of evolution** – the simplest, most natural system that exhibits creativity and that I can prove evolves by random natural selection.

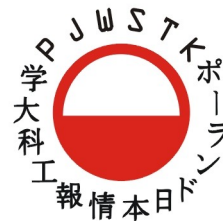
I **guess** that I **do not share the Platonist view** that this world is but an imperfect version of the world of ideas. **Rather**, to my way of thinking, our world is built atop that Platonic world.

I **don't think** I am a dualist, I **don't think** I believe in a separate world of mathematical ideas, a world apart from our own. **Rather it seems to me** that our **physical world is but an infinitesimal portion of the world of mathematical ideas**, which includes all possible physical universes and which is all that exists, all that really is...

But, **following Gödel**, our knowledge of that perfect world is always incomplete, always partial, and constantly changing.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !

Radosław Siedliński



POLSKO-JAPONSKA
WYŻSZA SZKOŁA
TECHNIK KOMPUTEROWYCH