

Cyfrowość i analogowość

**Wstępny zarys tematyki
metodologiczno-
filozoficznej**

Motywacja

1. Nawet w dziedzinie problemów jasno określonych, kodowanych adekwatnie do możliwości maszyn cyfrowych, istnieją problemy **nieobliczalne zasadniczo** (NZ).

1a. Ich nieobliczalność wynika z **dyskretności** modelu UMT (skończona liczba stanów i symboli, przeliczalna niesk. taśmy)

1b. Hipotetycznym rozwiązaniom problemów NZ muszą odpowiadać, przy każdej metodzie kodowania liczbowego, **liczby nieobliczalne** (cyfrowo). Zbiór tych liczb stanowi zaś dopełnienie zbioru liczb obliczalnych do (ciągłego) **continuum**.

→ Fakty 1a i 1b motywują do namysłu nad metodologicznym statusem i mocą obliczeniową **technik analogowych**, które pozwalają (przynajmniej w teorii) operować na wielkościach **ciągłych**, w szczególności zaś, generować liczby nieobliczalne (koduujące rozw. problemów NZ).

Cyfrowość vs analogowość (wstępnie)

2. Rozróżnienie cyfrowości i analogowości (C-A) ma sens **technologiczny**. Dotyczy urządzeń, maszyn, komputerów, oraz technik przekazu, zapisu i przetwarzania danych (także: ich modeli matematycznych).

Przykłady:

- telegraf vs telefon (przekaz)
- płyta winylowa vs płyta CD (zapis)
- integrator fizyczny vs komputer cyfrowy realizujący program do symbolicznego całkowania (przetwarzanie)
- UMT vs GPAC (model obliczeń)

Matematyczny wyróżnik analogowości:

dane ciągłe (rzeczywisto-liczbowe lub funkcyjne),
poddawane ciągłym przekształceniom.

Szerszy kontekst rozróżnienia C-A

3. Rozróżnienie C-A ma swój matematyczny, ale także psychologiczny, odpowiednik w rozróżnieniu szerszym: **dyskretności** i **ciągłości**.

Psychologia:

- czynność rysowania → intuicja ciągłości
- czynność przeliczania → intuicja dyskretności

Matematyka:

- geometria vs arytmetyka (dawniej)
- analiza (i działy pochodne) vs matematyka dyskretna
- liczby rzeczywiste vs naturalne
- continuum (c) vs dziedziny przeliczalne (aleph zero)

Cyfrowe i analogowe techniki przetwarzania danych

4. Należy rozróżnić między technikami/obliczeniami (także: maszynami) **uniwersalnymi** oraz **konkretnymi**.

4a. Po stronie cyfrowości rozróżnienie to jest klarowne (UMT vs MT); ma też swój odpowiednik w informatycznej praktyce.

4b. Po stronie analogowości nie jest jasne, czy tzw. uniwersalne komputery analogowe (opisywane np. przez model GPAC) są „tak samo analogowe” jak wyspecjalizowane maszyny analogowe (realizujące konkretne zadania).

Istota cyfrowości

5. Najbardziej ogólna zasada **przetwarzania cyfrowego** (częściowo też: zapisu i przekazu) jest następująca:

- ▶ zarówno same dane, jak i schematy ich przetwarzania (programy), mają postać **kodu symbolicznego**, złożonego z rozróżnialnych, dyskretnych elementów;

Ponadto:

kody symboliczne/cyfrowe mają dyskretną (de facto: skończoną) interpretację **liczbową** (w postaci najbardziej „oszczędnej” są to kody zero-jedynkowe).

Istota analogowości

6. W przypadku technik/maszyn wyspecjalizowanych (analogowych w najszerszym rozumieniu) analogowość określają **trzy warunki**:

- ciągłość
- fizyczność (empiryczność)
- analogiczność

W przypadku technik/maszyn uniwersalnych trzeci warunek zdaje się nie występować.

Istota analogowości: ciągłość

6a. Dane wejściowe i wyniki są **ciągłe** (rzeczywisto-liczbowe), operacje na nich też chyba trzeba utożsamiać z funkcjami ciągłymi.

Rozróżnia się przy tym dwa **typy modeli** obliczeń ciągłych:

- (1) obliczenia ciągłe realizowane w krokach dyskretnych
(np. BSS czy ciągłe SSN)
- (2) obliczenia ciągłe realizowane w czasie ciągłym
(np. GPAC)

Istota analogowości: fizyczność

6b. Dane wejściowe są (ciągłymi) wielkościami fizycznymi (fizyczne parametry urządzenia analogowego);

Wyniki – są pomiarami wielkości fizycznych;

Obliczenia, czyli operacje przetwarzania danych, polegają na realizacji **procesu fizycznego**, który odpowiada (zgodnie z pewną teorią matematyczno-empiryczną) realizowanemu obliczeniu.

Zasada działania maszyny analogowej:

- 1) ustaw fizyczne parametry maszyny,
- 2) uruchom odpowiedni proces fizyczny,
- 3) dokonaj pomiaru wielkości wynikowych.

Istota analogowości: analogiczność

6c. **Analogiczność** technik analogowych przejawia się na dwóch poziomach:

- 1) proces fizyczny, będący realizacją obliczenia, jest **analogonem** (inaczej: interpretacją fizyczną) pewnego obiektu matematycznego (matematycznego opisu obliczeń).
- 2) proces fizyczny będący realizacją obliczenia w konkretnym urządzeniu (nazwijmy go procesem bazowym PB) może służyć do rozwiązywania zagadnień opisywanych w ramach tego samego modelu, który opisuje również proces bazowy PB. Zagadnienia te są **analogiczne** do zagadnienia bazowego (związanego z PB) za sprawą tego samego modelu formalnego, który je wspólnie opisuje.

Pytania

1) Czy istnieją **praktyczne odpowiedniki** modeli uniwersalnych obliczeń analogowych (np. EAC czy BSS)?

[W takim sensie, w jakim komputer cyfrowy wyposażony w odpowiedni program, jest praktyczną realizacją modelu UMT]

2) Czy cecha analogiczności (zob. 6c) może być przypisana **uniwersalnym maszynom** analogowym?

[Jeśli tak, to w jakim sensie?]

3) Czy (hipotetyczne?) programowalne maszyny analogowe nie są w istocie maszynami **hybrydowymi**?

[Ze względu na konieczność określenia dyskretnego kodu, który powodowałby uaktywnianie, w określonej kolejności, określonych podzespołów urządzenia]

4) W jakim sensie (pewnego typu) sztuczne **sieci neuronowe** są przetwornikami analogowymi? Na czym polega ich analogiczność?