

Wstęp do Programowania potok funkcyjny

Marcin Kubica
kubica@mimuw.edu.pl

2016/2017

Outline

1 Wstęp

- Sprawy organizacyjne
- Programowanie jako dziedzina magii
- Pojęcie algorytmu
- Języki programowania są wszędzie

Zasady zaliczenia

- Kolokwia
- Programy zaliczeniowe
- Zwolnienia z egzaminu

Materiały

- Skrypt

<http://www.mimuw.edu.pl/~kubica/wpf/>

- Moodle

<https://moodle.mimuw.edu.pl/>

- Slajdy

http://smurf.mimuw.edu.pl/drupal6/?q=wstep_do_programowania_funkcyjny

- Literatura:

- Y. Minsky, A. Madhavapeddy, J. Hickey, *Real World OCaml*, O'Reilly 2014.
- J. Tomasiewicz, *Zaprzyjaźnij się z algorytmami*, PWN 2017.
- A. Hunt, D. Thomas, *Pragmatyczny programista*, WNT 2009.
- H. Abelson, G. J. Sussman, *Struktura i interpretacja programów komputerowych*, WNT 2002.

Czym jest magia?

Czym jest programowanie?
Zobaczymy, że jest ono dziedziną **magii!**
Ale czym jest magia?



Definition (Wikipedia en/pl)

Magia — wykorzystanie rytuałów, symboli, [...] języka i zaklęć, w celu wykorzystania nadnaturalnych sił do kształtowania rzeczywistości.

Czym jest magia?

Czym jest programowanie?
Zobaczymy, że jest ono dziedziną **magii!**
Ale czym jest magia?



Definition (Wikipedia en/pl)

Magia — wykorzystanie rytuałów, symboli, [...] języka i zaklęć, w celu wykorzystania nadnaturalnych sił do kształtowania rzeczywistości.

Czym jest magia? c.d.

Definition (Wikipedia en/pl)

Typowe cechy praktyk magicznych:

- Rytuały (np. logowanie, oddawanie programów zaliczeniowych), wykonywane z użyciem specjalnych obiektów (np. indeks), w określonym miejscu i czasie (np. godziny otwarcia dziekanatu).
- Osoba, przedmioty i miejsce wykonywania rytuału mogą wymagać zachowania czystości (np. zakaz jedzenia w laboratorium).
- Magiczne symbole (np. $T(n) = \Theta(n \cdot \log n)$).
- Język magiczny, zwykle archaiczny i cokolwiek dziwaczny. Ocaml!

Czym jest magia? c.d.

Definition (Wikipedia en/pl)

Typowe cechy praktyk magicznych:

- Rytuwały (np. logowanie, oddawanie programów zaliczeniowych), wykonywane z użyciem specjalnych obiektów (np. indeks), w określonym miejscu i czasie (np. godziny otwarcia dziekanatu).
- Osoba, przedmioty i miejsce wykonywania rytuału mogą wymagać zachowania czystości (np. zakaz jedzenia w laboratorium).
- Magiczne symbole (np. $T(n) = \Theta(n \cdot \log n)$).
- Język magiczny, zwykle archaiczny i cokolwiek dziwaczny. Ocaml!

Czym jest magia? c.d.

Definition (Wikipedia en/pl)

Typowe cechy praktyk magicznych:

- Rytuały (np. logowanie, oddawanie programów zaliczeniowych), wykonywane z użyciem specjalnych obiektów (np. indeks), w określonym miejscu i czasie (np. godziny otwarcia dziekanatu).
- Osoba, przedmioty i miejsce wykonywania rytuału mogą wymagać zachowania czystości (np. zakaz jedzenia w laboratorium).
- Magiczne symbole (np. $T(n) = \Theta(n \cdot \log n)$).
- Język magiczny, zwykle archaiczny i cokolwiek dziwaczny. Ocaml!

Czym jest magia? c.d.

Definition (Wikipedia en/pl)

Typowe cechy praktyk magicznych:

- Rytuały (np. logowanie, oddawanie programów zaliczeniowych), wykonywane z użyciem specjalnych obiektów (np. indeks), w określonym miejscu i czasie (np. godziny otwarcia dziekanatu).
- Osoba, przedmioty i miejsce wykonywania rytuału mogą wymagać zachowania czystości (np. zakaz jedzenia w laboratorium).
- Magiczne symbole (np. $T(n) = \Theta(n \cdot \log n)$).
- Język magiczny, zwykle archaiczny i cokolwiek dziwaczny. Ocaml!

Programy jako zaklęcia magiczne

- Programy to zaklęcia zapisane w specjalnym języku (tzw. języku programowania)
- Programy działają na **procesy obliczeniowe**.
- Procesy obliczeniowe to rodzaj **duchów** mieszkających w komputerach.
- Czy na pewno? A czym są duchy?

Procesy obliczeniowe jako duchy

Definition (Duchy)

Charakterystyka duchów:

- Niematerialne.
- Potencjał intelektualny.
- Zdolność do komunikowania się ze światem realnym.
- Moc sprawcza.

Procesy obliczeniowe posiadają wszystkie te cechy!



Kilka podstawowych pojęć

Program zakłęcie zapisane w języku programowania.

Programowanie formułowanie programu mającego osiągnąć zamierzony cel.

Weryfikacja sprawdzenie, że program osiąga zamierzony cel.

Testowanie szukanie kontr-przykładu, że program nie osiąga zamierzonego celu.

Algorytm sposób działania procesu obliczeniowego wyrażony przez program.

program = algorytm + język programowania

Muhammad Ibn Mūsā al-Khwārizmī (ok. 780–850 r. n.e.)



- Perski matematyk, geograf i astronom działający w *Domu Mądrości* za czasów kalifa Al-Ma'mūna.
- Przyczynił się do upowszechnienia zapisu pozycyjnego i cyfr „arabskich”.
- Autor m.in. „Zasad redukcji i przenoszenia” (*Kitāb al-jabr wa'l-muqābala*), od której pochodzi słowo *algebra*.
- Od jego nazwiska pochodzi słowo **algorytm** (al-Khwārizmī, Al-Chuwarizmī, Alchwarizmī, Algorithmi, Algorithmus).

Metody rozwiązywania równań kwadratowych

- Liczby utożsamiamy tu z długościami odcinków.
- Mnożenie odpowiada powierzchni prostokątów.
- W tych czasach pojęcie liczb ujemnych i zera nie było jeszcze znane.

a	b	c	równanie	przykład	metoda
+	+	+	$ax^2 + bx + c = 0$	—	—
+	+	0	$ax^2 + bx = 0$	—	—
+	+	—	$ax^2 + bx = c$	$x^2 + 10x = 39$	metoda 1
+	0	+	$ax^2 + c = 0$	—	—
+	0	0	$ax^2 = 0$	—	—
+	0	—	$ax^2 = c$	$5x^2 = 80$	metoda 2
+	—	+	$ax^2 + c = bx$	$x^2 + 21 = 10x$	metoda 3
+	—	0	$ax^2 = bx$	$x^2 = 5x$	metoda 4
+	—	—	$ax^2 = bx + c$	$x^2 = 3x + 4$	metoda 5

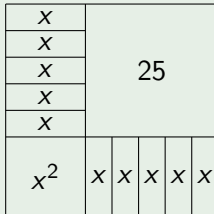
Metody rozwiązywania równań kwadratowych

- Liczby utożsamiamy tu z długościami odcinków.
- Mnożenie odpowiada powierzchni prostokątów.
- W tych czasach pojęcie liczb ujemnych i zera nie było jeszcze znane.

a	b	c	równanie	przykład	metoda
+	+	+	$ax^2 + bx + c = 0$	—	—
+	+	0	$ax^2 + bx = 0$	—	—
+	+	—	$ax^2 + bx = c$	$x^2 + 10x = 39$	metoda 1
+	0	+	$ax^2 + c = 0$	—	—
+	0	0	$ax^2 = 0$	—	—
+	0	—	$ax^2 = c$	$5x^2 = 80$	metoda 2
+	—	+	$ax^2 + c = bx$	$x^2 + 21 = 10x$	metoda 3
+	—	0	$ax^2 = bx$	$x^2 = 5x$	metoda 4
+	—	—	$ax^2 = bx + c$	$x^2 = 3x + 4$	metoda 5

Metoda 1

Example ($x^2 + 10x = 39$)



Pole dużego kwadratu wynosi $39 + 25 = 64 = 8 \times 8$.
Stąd $x + 5 = 8$, czyli $x = 3$.

Zdziwienie dnia

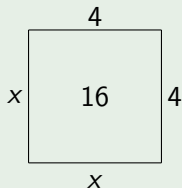
Zdziwienie dnia

W metodzie rozwiązywania równań kwadratowych Al-Chwarizmiego wykorzystywane jest pierwiastkowanie.

Równocześnie liczby są utożsamiane z długościami odcinków lub powierzchniami figur.

Jak wyznaczyć pierwiastek z długości odcinka używając cyrkla, linijki i odcinka jednostkowego?

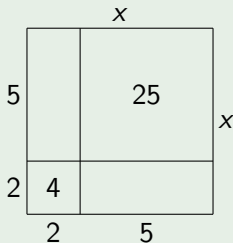
Metoda 2

Example ($5x^2 = 80$)

$$5x^2 = 80, \text{ stąd } x^2 = \frac{80}{5} = 16, \text{ czyli } x = 4.$$

Metoda 3

Example ($x^2 + 21 = 10x$)



Z kwadratu $x \times x$ wycinamy dwa prostokąty $5 \times x$.

Pokrywają się one w kwadracie 5×5 .

Mały kwadracik ma powierzchnię

$$x^2 - 10x + 25 = x^2 - 10x + 21 + 4 = 4 = 2^2.$$

$$x = 5 + 2 = 7.$$

Metoda 4

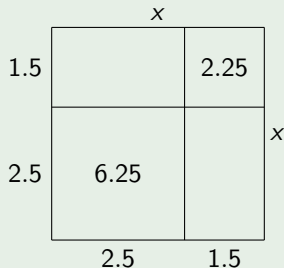
Example ($x^2 = 5x$)

Równanie $ax^2 = bx$ ma dwa rozwiązania:

- $x = 0$,
- $x = \frac{b}{a}$

Dla $x^2 = 5x$ mamy $x = 0$ lub $x = 5$.

Metoda 5

Example ($x^2 = 3x + 4$)

Z kwadratu $x \times x$ wycinamy dwa prostokąty $1.5 \times x$

Pokrywają się one w kwadracie 1.5×1.5 .

Mały kwadracik ma powierzchnię

$$x^2 - 3x + 1.5 \cdot 1.5 = 4 + 2.25 = 6.25 = 2.5^2.$$

Stąd $x = 1.5 + 2.5 = 4$.

Euklides

- **Euklides** (*Εὐκλείδης*) — grecki filozof i matematyk, przełom IV i III w p.n.e., Aleksandria.
- *Elementy* — kompendium wiedzy matematycznej, geometria, ale nie tylko.
- Algorytm Euklidesa — najstarszy (chyba) znany algorytm, największy wspólny dzielnik dwóch liczb.

Euklides

- **Euklides** (*Εὐκλείδης*) — grecki filozof i matematyk, przełom IV i III w p.n.e., Aleksandria.
- *Elementy* — kompendium wiedzy matematycznej, geometria, ale nie tylko.
- Algorytm Euklidesa — najstarszy (chyba) znany algorytm, największy wspólny dzielnik dwóch liczb.

Euklides

- **Euklides** (*Εὐκλείδης*) — grecki filozof i matematyk, przełom IV i III w p.n.e., Aleksandria.
- *Elementy* — kompendium wiedzy matematycznej, geometria, ale nie tylko.
- Algorytm Euklidesa — najstarszy (chyba) znany algorytm, największy wspólny dzielnik dwóch liczb.

Algorytm Euklidesa

Wersja z odejmowaniem, $NWD(x, y) = NWD(x - y, y)$.

Algorytm

- 1 Dopóki $x \neq y$ powtarzaj następujący krok:
- 2 Od większej z liczb x i y odejmij mniejszą.
- 3 Wynik to $x = y = NWD(x, y)$.

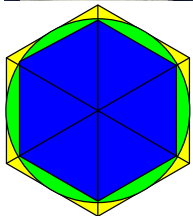
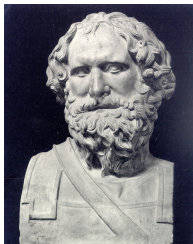
Algorytm Euklidesa

Wersja z odejmowaniem, $NWD(x, y) = NWD(x - y, y)$.

Algorytm

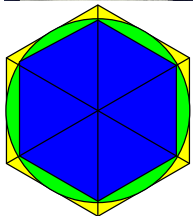
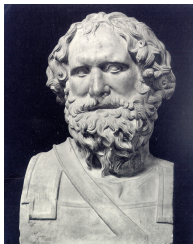
- 1 Dopóki $x \neq y$ powtarzaj następujący krok:
- 2 Od większej z liczb x i y odejmij mniejszą.
- 3 Wynik to $x = y = NWD(x, y)$.

Archimedes



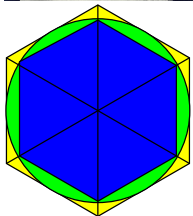
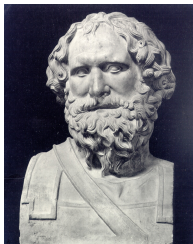
- **Archimedes** (*Ἄρχιμήδης*, ok. 287–212 n.e.)
wszechstronny grecki filozof, Syrakuzy.
- Opracował algorytm przybliżania liczby π .
- Okrąg jednostkowy z opisanym i wpisanym n -kątem foremnym.
- Proste oszacowanie dla sześciokąta:
$$3 < \pi < 2\sqrt{3}$$

Archimedes



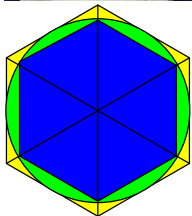
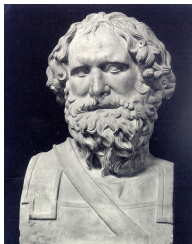
- **Archimedes** (*Ἀρχιμήδης*, ok. 287–212 n.e.) wszechstronny grecki filozof, Syrakuzy.
- Opracował algorytm przybliżania liczby π .
- Okrąg jednostkowy z opisanym i wpisanym n -kątem foremnym.
- Proste oszacowanie dla sześciokąta:
$$3 < \pi < 2\sqrt{3}$$

Archimedes



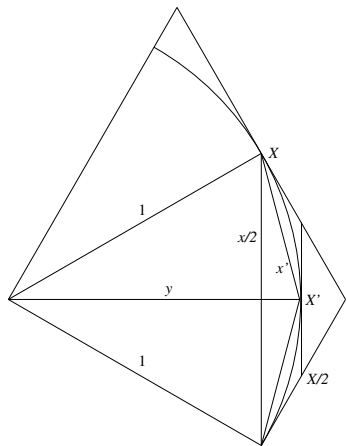
- **Archimedes** (*Ἀρχιμήδης*, ok. 287–212 n.e.) wszechstronny grecki filozof, Syrakuzy.
- Opracował algorytm przybliżania liczby π .
- Okrąg jednostkowy z opisanym i wpisanym n -kątem foremnym.
- Proste oszacowanie dla sześciokąta:
$$3 < \pi < 2\sqrt{3}$$

Archimedes



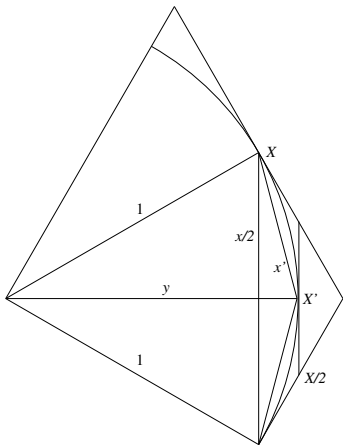
- **Archimedes** (*Ἀρχιμήδης*, ok. 287–212 n.e.) wszechstronny grecki filozof, Syrakuzy.
- Opracował algorytm przybliżania liczby π .
- Okrąg jednostkowy z opisanym i wpisanym n -kątem foremnym.
- Proste oszacowanie dla sześciokąta:
$$3 < \pi < 2\sqrt{3}$$

Algorytm Archimedesesa



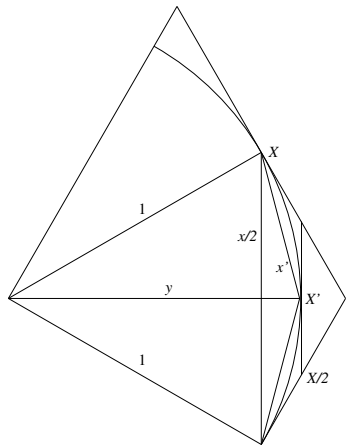
- X i x — boki n -kątów foremnych
 X' i x' — boki $2n$ -kątów foremnych
- Oznaczmy: $y = \sqrt{1 - \frac{x^2}{4}}$
- $X = \frac{x}{y} = \frac{2x}{\sqrt{4-x^2}}$

Algorytm Archimedes, c.d.



$$\begin{aligned}
 y &= \sqrt{1 - \frac{x^2}{4}} & X &= \frac{2x}{\sqrt{4 - x^2}} \\
 x' &= \sqrt{\frac{x^2}{4} + (1 - y)^2} = \\
 &= \sqrt{\frac{x^2}{4} + 1 + y^2 - 2y} = \\
 &= \sqrt{\frac{x^2}{4} + 1 + 1 - \frac{x^2}{4} - 2\sqrt{1 - \frac{x^2}{4}}} = \\
 &= \sqrt{2 - \sqrt{4 - x^2}} = \sqrt{2 - \frac{2x}{X}}
 \end{aligned}$$

Algorytm Archimedes, c.d.



$$\begin{aligned}
 x' &= \sqrt{2 - \frac{2x}{X}} \\
 X' &= \frac{2x'}{\sqrt{4 - x'^2}} = \\
 &= \frac{2\sqrt{2 - \frac{2x}{X}}}{\sqrt{4 - 2 + \frac{2x}{X}}} = \\
 &= 2\sqrt{\frac{2 - \frac{2x}{X}}{2 + \frac{2x}{X}}} = 2\sqrt{\frac{X - x}{X + x}}
 \end{aligned}$$

Algorytm Archimedesesa, c.d.

- Otrzymaliśmy następujące zależności:

$$x' = \sqrt{2 - \frac{2x}{X}} \quad X' = 2\sqrt{\frac{X-x}{X+x}}$$

- Kolejne kroki algorytmu Archimedesesa:

n	x	X	$\pi >$	$\pi <$
6	1.0000000	1.1547005	3.0000000	3.4641016
12	0.5176380	0.5358983	3.1058285	3.2153903
24	0.2610523	0.2633049	3.1326286	3.1596599
48	0.1308062	0.1310869	3.1393502	3.1460862
96	0.0654381	0.0654732	3.1410319	3.1427145

Algorytm Archimedesesa, c.d.

- Otrzymaliśmy następujące zależności:

$$x' = \sqrt{2 - \frac{2x}{X}} \quad X' = 2\sqrt{\frac{X-x}{X+x}}$$

- Kolejne kroki algorytmu Archimedesesa:

n	x	X	$\pi >$	$\pi <$
6	1.0000000	1.1547005	3.0000000	3.4641016
12	0.5176380	0.5358983	3.1058285	3.2153903
24	0.2610523	0.2633049	3.1326286	3.1596599
48	0.1308062	0.1310869	3.1393502	3.1460862
96	0.0654381	0.0654732	3.1410319	3.1427145

Języki programowania są wszędzie

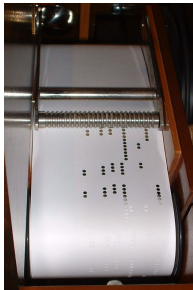
Programowanie było znane od dawna, choć nie wiedziano jeszcze, że jest to programowanie.

Example

Przepisy kulinarne

- zamówienie — specyfikacja,
- przepis — program,
- gotowanie — wykonanie,
- potrawa — efekt,
- smakuje? — testowanie,
- weryfikacja — ?

Języki programowania są wszędzie — muzyka



Example

Zapis nutowy:

- nuty — program,
- katarynka, pianola — komputer przenośny, serwer,
- taśma dziurkowana — skompilowany program,
- muzyka — efekt działania katarynki, pianoli, czy orkiestry,

Języki programowania są wszędzie — MetaFont

W

P

F

Example

Opisy skalowalnych czcionek (np. MetaFont):

- opis czcionek — program,
- wygląd czcionek przy zadanej rozdzielczości, parametrach i dla danego urządzenia — wykonanie,
- wygląd czcionek — efekt.

Języki programowania są wszędzie — systemy składu tekstu

Example

Systemy składu tekstu (np. \LaTeX , MS Word, Open Office) zawierają mechanizm **makrodefinicji**:

- tekst + makrodefinicje — program,
- skład tekstu — wykonanie,
- wydruk — efekt działania.

Języki programowania są wszędzie — L^AT_EX

Example

Definicja tabelki, która sama się wypełnia liczbami Fibonacciego.

<i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Fib_i</i>	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	144

```

\newcounter{i}
\newcounter{a}
\newcounter{b}
\newcounter{c}
\newcommand{\fibtab}[1]{
  \def\heads{||}
  \def\inds{i}
  \def\wyniki{Fib;}
  \setcounter{i}{0}
  \setcounter{a}{0}
  \setcounter{b}{1}
  \@whilenum\value{i}<#1\do {
    \addtocounter{i}{1}
    \edef\heads{\heads ||}
    \edef\inds{\inds & \thei}
    \edef\wyniki{\wyniki & \theb}
    \setcounter{c}{\value{a}}
    \addtocounter{c}{\value{b}}
    \setcounter{a}{\value{b}}
    \setcounter{b}{\value{c}}
  }
  \begin{tabular}{\heads}
    \hline \inds \\
    \hline \wyniki \\
    \hline
  \end{tabular}
}
\fibtab{12}

```

Dziedzina algorytmiczna

Definition

Dziedzina algorytmiczna, to zestaw elementarnych pojęć, których możemy używać opisując algorytmy:

- zbiory wartości,
- funkcje i stałe,
- relacje.

Dziedzina algorytmiczna jest „wbudowana” w język programowania. Możemy jednak mówić o niej niezależnie od języka programowania.

Dziedzina algorytmiczna, c.d.

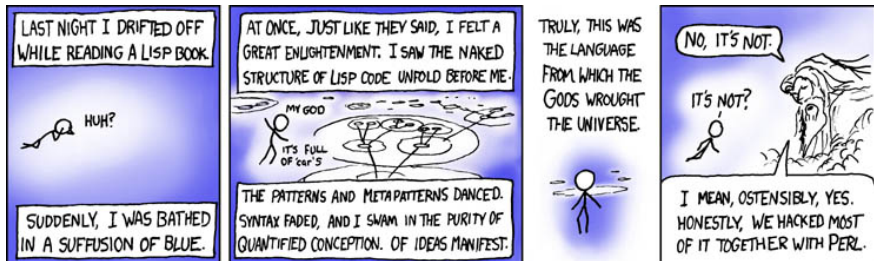
Example

Dziedzina algorytmiczna al-Khwārizmiego:

- \mathbb{R}_+ ,
- $1, +, -, \times, /, \sqrt{\quad}$,
- $<, =$.

Jeśli mamy zbiór wartości logicznych { prawda, fałsz }, to relacje możemy utożsamić z funkcjami w zbiór wartości logicznych.

Deser



<http://xkcd.com/224/>