



Dokumentace k projektu pro předměty IZP a IUS

# Iterační výpočty

projekt č. 2

23. listopadu 2010

Autor: Radek Ševčík, [xsevci44@stud.fit.vutbr.cz](mailto:xsevci44@stud.fit.vutbr.cz)  
Fakulta Informačních Technologií  
Vysoké Učení Technické v Brně

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Analýza problému a princip jeho řešení</b>	<b>1</b>
2.1	Zadání problému . . . . .	1
2.2	Nekonečné řady . . . . .	1
2.3	Statistické funkce . . . . .	1
<b>3</b>	<b>Návrh řešení problému</b>	<b>1</b>
3.1	Rozsah hodnot . . . . .	1
3.2	Vztahy použité pro výpočet . . . . .	1
3.3	Přesnost výpočtu . . . . .	2
3.4	Úprava vstupních hodnot . . . . .	2
3.5	Specifikace testů . . . . .	2
<b>4</b>	<b>Popis řešení</b>	<b>3</b>
4.1	Ovládání programu . . . . .	3
4.2	Vlastní implementace . . . . .	3
<b>5</b>	<b>Závěr</b>	<b>3</b>
<b>A</b>	<b>Metriky kódu</b>	<b>3</b>

# 1 Úvod

Tento dokument popisuje návrh a implementaci aplikace pro výpočet matematických funkcí (vážený aritmetický průměr, vážený kvadratický průměr, obecný logaritmus a hyperbolický tangens).

## 2 Analýza problému a princip jeho řešení

Protože výpočet matematických funkcí založených na nekonečných řadách může být časově náročné, musíme provést některá opatření, aby výpočet skončil v rozumném čase.

### 2.1 Zadání problému

Cílem tohoto projektu je vytvoření programu v jazyce C, který vypočte matematické funkce obecný logaritmus a hyperbolický tangens se zadanou přesností na počet platných cifer a statistické funkce váženého aritmetického a kvadratického průměru s výpisem průběžných výsledků.

Přesnost, která je zadána jako počet platných cifer musíme přepočítat na hodnotu epsilon. Epsilon bude sloužit k ukončení algoritmu tak, že absolutní hodnota rozdílu výsledků dvou po sobě jdoucích kroků bude menší nebo rovna epsilon.

Požadovanou funkci, přesnost a bázi logaritmu vybereme přepínačem. Program bude načítat vstupní hodnoty ze standartního vstupu a výsledek bude vypisovat na standartní výstup.

### 2.2 Nekonečné řady

Interval konvergence je důležitým faktorem pro výpočet řady, vstupní hodnota mimo tento interval může způsobit zacyklení algoritmu. I pro řadu konvergentní na celém oboru  $\mathbb{R}$  může vstupní hodnota zapříčinit zdlouhavý výpočet. Z těchto důvodů je nutné upravit vstupní hodnoty do oboru nejlepší konvergence. Dále musíme ošetřit vstupní hodnoty, které jsou mimo definiční obor funkce.

### 2.3 Statistické funkce

Pro průběžné výsledky je vhodné ukládání do datové struktury s konstantní prostorovou složitostí. Výběrem vhodné struktury můžeme docílit lineární časové složitosti.

## 3 Návrh řešení problému

### 3.1 Rozsah hodnot

Podle zadání bude použit datový typ `double`. Tento typ je omezen rozsahem i přesností definovaném ve standardu IEEE 754. Pro urychlení výpočtů je možné použít matematický koprocesor.

### 3.2 Vztahy použité pro výpočet

- $\log_a x = \frac{\ln x}{\ln a} \quad (a \in \mathbb{R}^+ \setminus \{1\})$   
 $\ln x = 2 \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{x-1}{x+1}\right)^{2n+1} \cdot \frac{1}{2n+1} \quad (x > 0)$

- $\tanh x = \frac{\sinh x}{\cosh x} = \frac{e^{2x}-1}{e^{2x}+1} \quad (x \in \mathbb{R})$   
 $e^x = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!} \quad (|x| < +\infty)$
- $\bar{x}' = \sum_{i=1}^n \frac{x_i h_i}{h_i} \quad (h_i \geq 0)$
- $\bar{x}'_K = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{x_i^2 h_i}{h_i}} \quad (h_i \geq 0)$

### 3.3 Přesnost výpočtu

Přesnost zadanou jako počet platných cifer (relativní) převedeme na absolutní přesnost epsilon tak, že rozdíl 2 po sobě jdoucích výpočtů musí být menší nebo rovno  $10^{-\text{sigdig}}$ . Datový typ `double` je omezen svou přesností na počet cifer definovanou v konstantě `DBL_DIG`.

### 3.4 Úprava vstupních hodnot

Použité řady konvergují na celém oboru  $\mathbb{R}$ , avšak upravením hodnot do intervalu nejrychlejší konvergence můžeme samotný výpočet urychlit. Pro použité řady funkcí  $e^x$  a  $\ln x$  platí, že rychleji konvergují hodnoty blížící se k 0. Proto vstupní hodnoty u exponenciální funkce upravíme podle vztahu  $e^{c+d} = e^c \cdot e^d$ , kde  $e^c$  je celá část a vypočítá se opakovaným násobením  $e$ . U logaritmu využijeme věty o logaritmech  $\ln 123,456 = \ln 1,23456 + 2 \ln 10$ .

### 3.5 Specifikace testů

Z použitých vztahů pro výpočet je nutné ošetřit vstupní hodnoty mimo definiční obor.

**Test 1:** Chybná syntaxe  $\rightarrow$  Detekce chyby.

```
./proj2 --log 2 4 <<< "inf nan 0 1"
./proj2 --tanh <<< "inf nan 0 1"
```

**Test 2:** Funkce  $\tanh x$ .

```
./proj2 --tanh 4 <<< "nan inf -1 0 1"
nan
inf
-7.6159415596e-01
0.0000000000e+00
7.6159415596e-01
```

**Test 3:** Funkce  $\log_a x$ .

```
./proj2 --logax 4 10 <<< "17 -1 0 1 inf nan"
1.2304238357e+00
nan
-inf
0.0000000000e+00
inf
nan
```

**Test 4:** Funkce  $\bar{x}'_K$ .

```
./proj2 --wqm <<< "7 5 68 25 9"  
7  
62.141  
nan
```

## 4 Popis řešení

### 4.1 Ovládání programu

Program je konzolová aplikace a je obsluhován parametry. Vstupní hodnoty čte ze stdin a výpis provádí na stdout.

```
--logax <sigdig> <a> ...logaritmus o základu a s přesností na sigdig platných cifer  
--tanh <sigdig> ...hyperbolický tangens s přesností na sigdig platných cifer  
--wam ...vážený aritmetický průměr  
--wqm ...vážený kvadratický průměr  
-h ...pro výpis nápovědy
```

### 4.2 Vlastní implementace

Parametry příkazové řádky zpracovává funkce `parseParams`, která je spouštěna jako první ve funkci `main`. Na základě parametru se vybere funkce, která načítá vstupní data, volá funkci pro výpočet a vypisuje formátovaný výsledek. To jsou funkce `computeLog`, `computeTanh` a `computeWeightedMean`.

Funkcím `computeLog` a `computeTanh` se parametrem předá přesnost `epsilon` vypočítaná funkcí `sigdigToEpsilon`. Funkce váženého průměru `computeWeightedMean` podle parametru rozhodne zda-li bude počítat aritmetický nebo kvadratický průměr.

Funkce provádějící samotný výpočet se nazývají `izp_tanh`, `izp_log`, `izp_wam` a `izp_wqm`. Poslední 2 zmíněné funkce pracují se strukturou `WeightedValue`, kde se do 1. parametru uloží suma 1. a 2. parametru pro ukládání mezivýpočtů.

## 5 Závěr

Program byl úspěšně otestován v prostředí operačních systémů Gnu/Linux a MS Windows. Navržené řešení je přenositelné na všechny platformy.

## Reference

[1] Hans-Jochen BARTSCH, *Matematické vzorce*, 2009, ISBN 80-200-1448-9.

## A Metriky kódu

Počet souborů: 5 souborů

**Počet řádků zdrojového textu:** 751 řádků

**Velikost statických dat:** 7205 bajtů

**Velikost spustitelného souboru:** 11840 bajtů (systém Linux, 32 bitová architektura, při překladu bez ladicích informací)