

# Algorytmy i struktury danych - Złożoność algorytmów

Marcin Żurowski

25 kwietnia 2024

# Potęga iteracyjnie

```
POTEGA(a, n)
```

```
  a ∈ ℝ
```

```
  n ∈ ℕ
```

```
  pot = 1
```

```
  for i = 1 to n
```

```
    pot = pot * a
```

```
  return pot
```

# Potęga binarnie

```
POTEGA(a, n)
```

```
  a ∈ ℝ
```

```
  n ∈ ℕ
```

```
  i = n
```

```
  pot = 1
```

```
  pod = a
```

```
  while i ≠ 0
```

```
    if i MOD 2 ≠ 0
```

```
      pot = pot * pod
```

```
      pod = pod * pod
```

```
      i = i DIV 2
```

```
  return pot
```

# Potęga rekurencyjnie

```
POTEGA(a, n)
```

```
  a ∈ ℝ
```

```
  n ∈ ℕ
```

```
  if n = 0
```

```
    return 1
```

```
  else
```

```
    return a * POTEGA(a, n - 1)
```

# Szacowanie funkcji

$$\begin{aligned} \exists n_0 \in \mathbb{N} \forall n \geq n_0 \quad 1 \leq \lg n \leq n \leq n \lg n \leq n^2 \leq n^3 \leq \dots \leq n^k \leq \\ \leq \dots \leq 2^n \leq n! \leq n^n \end{aligned}$$

## Zadania

- 1  $f(n) = 13n^2 + 4n - 73$
- 2  $f(n) = (n^2 + 1)(2n^4 + 3n - 8)$
- 3  $f(n) = (n^3 + 3n - 1)^4$
- 4  $f(n) = \sqrt{n + 1}$
- 5  $f(n) = (n^2 - 1)^7$
- 6  $f(n) = \sqrt{n^2 - 1}$
- 7  $f(n) = \sqrt{n^2 + n}$
- 8  $f(n) = (n^2 + n + 1)(n^3 + 5)$
- 9  $f(n) = 3^n$
- 10  $f(n) = 2^{n+1}$
- 11  $f(n) = 2^{2n}$
- 12  $f(n) = (n + 1)^2$
- 13  $f(n) = (200n)^2$

# Notacje asymptotyczne

- $O(g(n)) = \{f(n) : \exists c > 0 \exists n_0 \in \mathbb{N} \forall n \geq n_0 0 \leq f(n) \leq cg(n)\}$
- $\Theta(g(n)) =$   
 $\{f(n) : \exists c_1 > 0 \exists c_2 > 0 \exists n_0 \in \mathbb{N} \forall n \geq n_0 0 \leq c_1g(n) \leq f(n) \leq c_2g(n)\}$
- $\Omega(g(n)) = \{f(n) : \exists c > 0 \exists n_0 \in \mathbb{N} \forall n \geq n_0 0 \leq cg(n) \leq f(n)\}$

# Twierdzenie o rekurencji uniwersalnej

Niech  $a \geq 1$  i  $b > 1$  będą stałymi, niech  $f(n)$  będzie pewną funkcją i niech  $T(n)$  będzie zdefiniowane dla nieujemnych liczb całkowitych przez rekurencję

$$T(n) = aT(n/b) + f(n),$$

gdzie  $n/b$  interpretujemy jako  $\lfloor n/b \rfloor$  lub  $\lceil n/b \rceil$ . Wtedy funkcja  $T(n)$  może być ograniczona asymptotycznie w następujący sposób:

- 1 Jeśli  $f(n) = O(n^{\log_b a - \varepsilon})$  dla pewnej stałej  $\varepsilon > 0$ , to  $T(n) = \Theta(n^{\log_b a})$ .
- 2 Jeśli  $f(n) = \Theta(n^{\log_b a})$ , to  $T(n) = \Theta(n^{\log_b a} \lg n)$ .
- 3 Jeśli  $f(n) = \Omega(n^{\log_b a + \varepsilon})$  dla pewnej stałej  $\varepsilon > 0$  oraz  $af(n/b) \leq cf(n)$  dla pewnej stałej  $c < 1$  i wszystkich dostatecznie dużych  $n$ , to  $T(n) = \Theta(f(n))$ .



## Przykłady:

- 1  $T(n) = 9T(n/3) + n$
- 2  $T(n) = T(2n/3) + 1$
- 3  $T(n) = 3T(n/4) + n \lg n$
- 4  $T(n) = 2T(n/2) + n \lg n$
- 5  $T(n) = 4T(n/2) + n$
- 6  $T(n) = T(n-1) + 1$
- 7  $T(n) = 4T(n/2) + n^2$
- 8  $T(n) = 4T(n/2) + n^3$
- 9  $T(n) = 2T(n/2) + n^2$
- 10  $T(n) = T(9n/10) + n$
- 11  $T(n) = 16T(n/4) + n^2$
- 12  $T(n) = 7T(n/3) + n^2$
- 13  $T(n) = 2T(n/4) + \sqrt{n}$
- 14  $T(n) = T(n-1) + n$
- 15  $T(n) = 9T(n/3) + n^3$
- 16  $T(n) = T(n/3) + 1$