

Algo jegyzet

Princzes Barnabás

2023. március 21.

Kivonat

Lent hagytam a füzetem és jövő héten doga szóval time to kick ass! Írjunk egy jó kis jegyzetet.

1. Előadás

1.1. Alapok

Van a $\{B\}A\{K\}$ azaz a Bemeneti feltétel (egy logikai állítás) Algoritmus és Kimeneti feltétel (szintén egy logikai állítás).

Legyen A algoritmus. e_1, \dots, e_m elemi műveletek az algoritmusban és t_i az adott e_i -hez tartozó időigény. Az algoritmus tényleges futási ideje $T(A, x)$ ahol x egy bemenet és a bemenet mérete $|x|$ például (tömb, halmaz...) esetében az elemek száma. Az e_i és t_i és $|x|$ együtt a bonyolultság mértéke.

1.2. Esetek

- Legjobb eset:

$$T_{lj} = \min\{T(A, x) : |x| = n\}$$

- Legrosszabb eset:

$$T_{lr} = \max\{T(A, x) : |x| = n\}$$

- Átlagos eset: Legyen $\Pr(x)$ annak a valószínűsége, hogy épp x lesz A algoritmus bemenete, ekkor:

$$T_a(A, n) = \sum_{|x|=n} \Pr(x)T(A, x)$$

```
public static int Keres(int[] A, int x){
    int i=0;                                //c1
    while (i<A.length && A[i]!=x){          //c2
        i++;                                //c3
    }
    return i;                               //c4
}
```

Itt $\text{Keres}(A, n, x)$ futási ideje: $c_1 + (i + 1)c_2 + ic_3 + c_4$

$$T_{lj} = c_1 + c_2 + c_4 = O(1)$$

$$T_{lr} = c_1 + (n+1)c_2 + nc_3 + c_4 = (c_2 + c_3)n + c_1 + c_2 + c_4 = O(n)$$

Az átlagos eset számításához vezessünk be pár fogalmat:

Legyen B_0 a legjobb bemeneti eset amikor is egyből megtaláljuk a keresett elemet

Legyen B_n amikor nem találjuk meg.

Minden lehetséges bemenet $\in B_i \mid i = 0, \dots, n-1$

Legyen D az Integer összes lehetséges értéke (nagy szám).

Annak hogy az keresendő számot pont kiszűrjük a valószínűsége: $p = \frac{1}{D}$

Annak, hogy egy olyat találunk amelyik nem a keresett szám: $q = 1 - \frac{1}{D}$

$Pr((A, n, x) \in B_i) = q^i p, i = 0, \dots, n-1$

Itt q^i jelöli, hogy hányszor nem találtuk meg és p amikor megtaláltuk. Az utolsó lehetséges esetnél viszont csak q eset fordul elő az pedig n -szer ugyanis végigmegyünk és nem találjuk meg a keresett elemet. $Pr((A, n, x) \in B_n) = q^n$,

$$T_a(n) = \sum_{i=0}^n Pr((A, n, x) \in B_i)(c_1 + (i+1)c_2 + ic_3 + c_4)$$

Az átlagos esetet úgy kapjuk meg, ha minden lehetséges bemenet futási idejét megszorozzuk az adott bemenet valószínűségével és az eseteket összeadjuk.

A B_n bemenetre vonatkozó eset specifikus így emeljük ki a többi közül:

$$T_a(n) = q^n(c_1 + (n+1)c_2 + nc_3 + c_4) + \sum_{i=0}^{n-1} q^i p(c_1 + (i+1)c_2 + ic_3 + c_4)$$

Mivel $q^n \rightarrow 0$ (0-hoz tart) ezért felfele kerekítjük 1-re. Mivel a Σ alatt mindent beszorzunk $p(\dots)$ -al ahol a zárójelben $i < n$ így azt ki is emelhetjük ugyanúgy felfele kerekítve i -t és $i+1$ -et kicserélve n -re.

$$T_a(n) \lesssim T_a(\hat{n}) = (c_1 + (i+1)c_2 + ic_3 + c_4) + (c_1 + n(c_2 + c_3) + c_4)p \sum_{i=0}^{n-1} q^i$$

A Σ tag egyenlő a mértani sorozat összegképletével, behelyettesítjük:

$$T_a(\hat{n}) = (c_1 + (i+1)c_2 + ic_3 + c_4) + (c_1 + n(c_2 + c_3) + c_4)p \frac{q^n - 1}{q - 1}$$

Mivel $p = 1 - q$ ezért átalakítunk:

$$T_a(\hat{n}) = (c_1 + (i+1)c_2 + ic_3 + c_4) + (c_1 + n(c_2 + c_3) + c_4)(1 - q^n)$$

Mivel $(1 - q^n) \rightarrow 1$ megint felfele kerekítünk, majd összevonunk.

$$T_a(\hat{n}) \lesssim T_a(\hat{\hat{n}}) = (2c_2 + 2c_3)n + 2c_1 + c_2 + 2c_4$$

Itt pedig n a domináns tag szóval:

$$T_a(n) = O(n)$$

1.3. Praktikus képletek

$$T_{lj} = \min\{T(A, x) : |x| = n\}$$

$$T_{lr} = \max\{T(A, x) : |x| = n\}$$

$$T_a(A, n) = \sum_{|x|=n} \Pr(x) T(A, x)$$

$$\sum_{i=1}^n i = \frac{n(n+1)}{2} \quad (a_1 = 1, d = 1 \text{ speciális számtani sorozat összegképlete})$$

$$\sum_{i=1}^n i^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$

$$\sum_{i=1}^n n = n^2$$

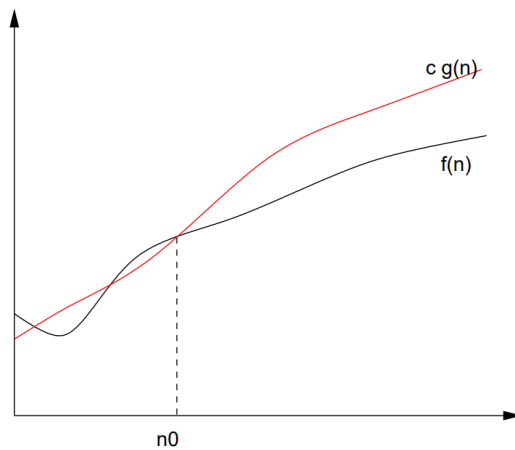
$$\sum_{i=m}^n q^i = \frac{q^m - q^{n+1}}{1 - q} \quad (\text{mértani sorozat összegképlete})$$

2. Függvények növekedési rendje

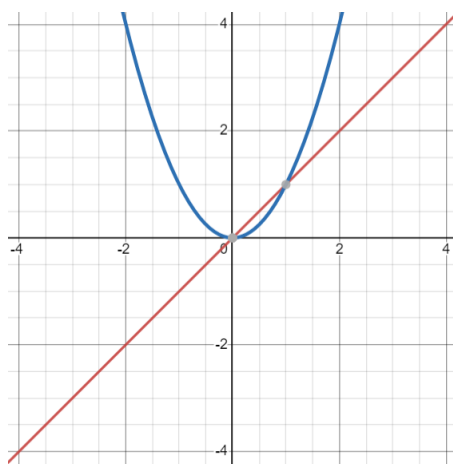
2.1. O - Nagy ordó

$$O(g(n)) = \{f(n) : (\exists c > 0, n_0 \geq 0)(\forall n \geq n_0)(0 \leq f(n) \leq cg(n))\}$$

Nagy ordó egy halmaz amelyekben adott függvények vannak, jelöljünk egy ilyen függvényt $f(n)$ -el. Ezek minden olyan $f(n)$ függvény ahol létezik egy c konstans úgy, hogy lesz egy n_0 küszöbszám amire igaz, hogy minden n_0 -nál nagyobb n -számra $f(n)$ nem negatív és $cg(n)$ alatt van. $f(n) \in O(g(n))$ helyett szoktuk a $f(n) = O(g(n))$ jelölést alkalmazni.



$f(n) = O(g(n))$ mivel $g(n)$ -re tudunk választani olyan pozitív konstansot, hogy mindig $f(n)$ fölött maradjon.



Hasonlítsuk össze x és x^2 függvényt

Nem tudunk olyan c konstans választani, hogy azzal $c \cdot x$ egy n_0 érték fölött mindig nagyobb legyen mint x^2 ezért:

$$O(x) \neq O(x^2)$$

2.2. Ω - Omega

Ugyanaz mint a O csak ez alulról korlátoz.

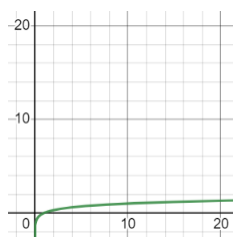
$$\Omega(g(n)) = \{f(n) : (\exists c > 0, n_0 \geq 0)(\forall n \geq n_0)(0 \leq cg(n) \leq f(n))\}$$

2.3. Θ - Theta

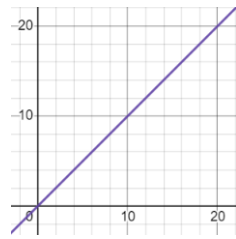
Ez alulról és felülről is korlátoz. Azaz egy adott értéktől a legjobb és a legrosszabb eset is ugyanazt a nagyságrendet követi.

$$\Theta(g(n)) = \{f(n) : (\exists c_1, c_2 > 0, n_0 \geq 0)(\forall n \geq n_0)(0 \leq c_1g(n) \leq f(n) \leq c_2g(n))\}$$

2.4. Nevezetes függvényosztályok



Logaritmikus - $O(\lg(n))$



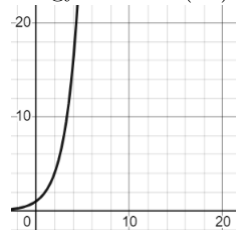
Lineáris - $O(n)$



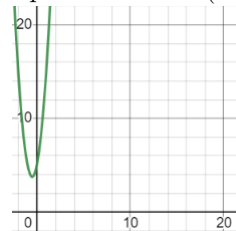
$n \log(n)$ - $O(n \lg(n))$



Négyzetes - $O(n^2)$



Exponenciális - $O(2^x)$



Polinomiális - $O(\sum_{i=0}^k a_i n^i) (a_k > 0)$

Ez utóbbi a legösszetettebb így itt sokkal elővigyázatosabbnak kell lenni mikor azt nézzük, hogy melyiknél nagyobb.

3. Alkalmazás

A fenti definíciók következményei:

- Ha $f(n) = O(g(n))$ azaz $f(n)$ -t felülről határolja $g(n)$ akkor:

$$0 \leq \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(n)}{g(n)} < \infty$$

- Ha $f(n) = \Omega(g(n))$ azaz $f(n)$ -t alulról határolja $g(n)$ akkor:

$$0 < \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(n)}{g(n)} \leq \infty$$

- Ha $f(n) = \Theta(g(n))$ azaz $f(n)$ -t alulról és felülről is határolja $g(n)$, azaz növekedési rendjük egyenesen arányos, akkor:

$$0 < \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(n)}{g(n)} < \infty$$

3.1. Praktikus képletek

$$n! \approx \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n$$

4. Rekurzíó

Egy P függvény rekurzív, ha utasításai közt előfordul P hívása.

Egy rekurzív összefüggés önmagának hívásából és egy leállási feltételből áll. A leállási feltétel a degenerált esetre vezet.

4.1. Partíció

Legyen n egy szám ennek egy partíciója az a π ahol $\pi = \langle a_1, \dots, a_k \rangle$ olyan a_i számokból álló sorozat amelyekre teljesül:

$$\sum_{i=1}^k a_i = n$$
$$a_1 \geq a_2 \geq \dots \geq a_k > 0$$

Ezek teljesülésekor π nem más mint n -nek 1 partíciója. Jelöljük $P(n)$ -el n szám összes partíciójának számát.

Partíciószám probléma: $P(n) = ?$

Mondjuk meg n szám partícióinak számát!

Megoldás:

- Vezessünk be egy új jelölést:
Legyen $P(n, k)$ n -szám azon partíciójainak száma ahol $a_i < k$.

- Ezzel egy rekurzív összefüggést kaptunk ezért szükségessé válik meghatározunk a degenerált esetet/eseteket:

$$P2(n, 1) = P2(1, k) = 1$$

Emellett meghatározunk további szabályokat:

$$P2(n, n) = P2(n, n - 1) + 1$$

Példa:

$$P2(4, 3) = |\{\{1, 1, 1, 1\}, \{2, 2\}\}| = 2$$

$$P2(4, 4) = |\{\{1, 1, 1, 1\}, \{2, 2\}, \{3, 1\}\}| = 3$$

Egy esettel több mert abban az esetben ha a_i tartalmazza $n - 1$ -et akkor a_i másik eleme már csak egy darab 1-es lehet.

•

$$P2(n, k) = P2(n, n) \mid n < k$$

Példa:

$$P2(4, 4) = |\{\{1, 1, 1, 1\}, \{2, 2\}, \{3, 1\}\}| = 3$$

$$P2(4, 5) = |\{\{1, 1, 1, 1\}, \{2, 2\}, \{3, 1\}\}| = 3$$

A második sorban használhatnánk az 5 -öset valamelyik a_i -ben de nem fogjuk mivel akkor ahhoz, hogy a szumma 4 legyen -1 -et kellene mellé tennünk, ezt pedig a partíció fogalma gátolja.