

ANSAMBLU (HEAP)

- Este o **structură de date** eficientă pentru memorarea *cozilor cu priorități*
- Tipuri de ansamblu: **binar**, binomial, Fibonacci, *leftist heaps*, *skew heaps*, etc.
 - <http://www.cs.ubbcluj.ro/~gabis/sda/Cursuri/Curs7%20-%20Ansamblu/docs/>
- Structura de *ansamblu (heap)* binar este un vector care poate fi **vizualizat** sub forma unui arbore binar aproape plin.

Observații: Pp. că elementele din ansamblu sunt a_1, a_2, \dots, a_n

- a_1 este elementul din rădăcină
- a_i are fiul stâng a_{2i} dacă $2 \cdot i \leq n$ și fiul drept a_{2i+1} dacă $2 \cdot i + 1 \leq n$
- a_i are părintele $a_{\lfloor i/2 \rfloor}$

Un **ansamblu binar** (a_1, a_2, \dots, a_n) este un vector care poate fi vizualizat sub forma unui arbore binar având *structură de ansamblu* și verifică *proprietatea de ansamblu*.

- **Structură de ansamblu** – arborele binar sub forma căruia poate fi vizualizat ansamblul este plin, exceptând ultimul nivel care este plin de la stânga la dreapta (în ordine).
- **Proprietatea de ansamblu**
 - $a_i \geq a_{2i} \quad \forall i, \text{ dacă } 2 \cdot i \leq n$
 - $a_i \geq a_{2i+1} \quad \forall i \text{ dacă } 2 \cdot i + 1 \leq n$

Observații

- Relația „ \geq ” – **max-heap**; Relația „ \leq ” – **min-heap**.
- Relația „ \geq ” poate fi generalizată la o relație de ordine \mathfrak{R} oarecare.
- Ansamblul binar este în general memorat **secvențial** folosind un vector (dinamic), fără a fi necesară memorarea înlănțuită - legături între elemente (ex. pointeri).

Proprietăți

- a_1 este cel mai **mare** element din ansamblu dacă $\mathfrak{R} = \geq$
- Dacă $\mathfrak{R} = \geq$, atunci pe orice drum de la rădăcină la un nod, elementele sunt ordonate descrescător.
- Înălțimea unui heap cu n elemente este $\theta(\log_2 n)$. Ca urmare, timpul de execuție a operațiilor specifice va fi $O(\log_2 n)$

- Operații specifice pe ansamblu:
 - **adăugare** element (astfel încât să se păstreze proprietatea de ansamblu)
 - **ștergere** element (se șterge elementul maxim dacă $\mathcal{R} = \geq$, cel din vârful ansamblului).
- Pp. în continuare $\mathcal{R} = \geq$.
- Pp. în cele ce urmează că elementele din vectorul care memorează ansamblul sunt indexate de la 1.

Reprezentarea ansamblului

Ansamblu

Max: Intreg {capacitatea maxima de memorare}

n: Intreg {nr.de elemente din ansamblu}

e: TElement[1..n] {elementele din ansamblu}

Subalgoritmul ADAUGĂ (a, e) este {complexitate timp $O(\log_2 n)$ }

{pre: a : Ansamblu, a nu e plin, e : TElement }

{post: a rămâne ansamblu după adăugare}

$a.n \leftarrow a.n + 1$

$a.e[a.n] \leftarrow e$

URCĂ($a, a.n$) {restabilește proprietatea de ansamblu posibil alterată}

sfADAUGĂ

Obs. În subalgoritmul anterior, nu s-a verificat la adăugare dacă ansamblul e plin. La implementare se poate redimensiona vectorul dacă se observă că se depășește capacitatea maximă alocată.

Subalgoritmul URCĂ (a, i) este { complexitate timp $O(\log_2 n)$ }

{urcă elementul de pe poziția i spre rădăcină până va fi satisfăcută proprietatea de ansamblu}

{pre: a ansamblu nevid, elem. de pe poziția i a fost actualizat}

{post: a este ansamblu}

$e \leftarrow a.e[i]$ {elementul de urcat}

$k \leftarrow i$ {poziția unde va fi pus elementul e }

$p \leftarrow \lfloor k/2 \rfloor$ {părintele lui k }

{căutăm o poziție pentru e printre strămoșii lui}

Cât timp ($p \geq 1$) și ($a.e[p] < e$) execută

$a.e[k] \leftarrow a.e[p]$ {strămoșii mai mici decât e sunt coborâți}

$k \leftarrow p$

$p \leftarrow \lfloor p/2 \rfloor$

sfCâtTimp

{s-a gasit pozitia k pe care poate fi adăugat e }

$a.e[k] \leftarrow e$

sfURCĂ

Subalgoritmul ȘTERGE (a, e) este {complexitate timp $O(\log_2 n)$ }

{pre: a : Ansamblu, a nu e vid}

{post: e : TElement este elementul maxim și e șters, a rămâne ansamblu după ștergere}

$e \leftarrow a.e[1]$ {elementul maxim}

$a.e[1] \leftarrow a.e[a.n]$

$a.n \leftarrow a.n - 1$

COBOARĂ($a, 1$) {restabilește proprietatea de ansamblu posibil alterată}

sfȘTERGE

Subalgoritmul COBOARĂ (a, poz) este {complexitate timp $O(\log_2 n)$ }

{coboară elementul de pe poziția poz printre descendenți până va fi satisfăcută proprietatea de ansamblu}

{pre: a ansamblu nevid, elem. de pe poziția poz a fost actualizat}

{post: a este ansamblu}

$e \leftarrow a.e[poz]$ {elementul de mutat}

$i \leftarrow poz$ {poziția unde va fi pus elementul e }

$j \leftarrow 2 \cdot poz$ {fiul stâng al lui i }

{căutăm o poziție pentru e printre descendenți. Descendenții mai mari decât e urcă un nivel în arbore }

cât timp ($j \leq a.n$) execută { i are fiu stâng }

dacă ($j < a.n$) atunci { i are și fiu drept? Dacă da, îl luăm pe cel mai mare dintre ei }

dacă $a.e[j] < a.e[j+1]$ atunci

$j \leftarrow j+1$

sfdacă

sfdacă

dacă $a.e[j] \leq e$ atunci {cel mai mare fiu este mai mic decât e atunci STOP}

$j \leftarrow a.n+1$

altfel

$a.e[i] \leftarrow a.e[j]$ {fiul j urcă}

$i \leftarrow j$

$j \leftarrow 2 \cdot i$

Sfdacă

Sfcât timp

$a.e[i] \leftarrow e$ {pun elementul înapoi în structură}

sfCOBOARĂ

- **Ansamblul** este cea mai potrivită structură de date pentru memorarea elementelor unei **CP**: operațiile *adaugă*, *element*, *șterge* au complexitate $O(\log_2 n)$.

Aplicație: HEAPSORT. Sortarea unui vector cu n elemente folosind un ansamblu. Complexitate timp $O(n \log_2 n)$

- se poate *in place*, fără memorarea suplimentară a ansamblului.

Obs.

1. Se poate demonstra (prin inducție) că un ansamblu binar cu n elemente are cel mult $\lceil n/(2^{h+1}) \rceil$ noduri de înălțime h .
2. Se poate demonstra (pe baza 1) că un ansamblu binar se poate construi în $O(n)$ dintr-un vector cu n elemente.
3. Reunirea (interclasarea) a două ansambluri binare cu n și m elemente se poate face în $O(n+m)$.

PROBLEME

1. Fie ansamblul $\langle 1, 2, 4, 2, 5 \rangle$. Aplicați de două ori operația de ștergere.
2. Generalizați relația " \geq " la o relație de ordine \mathcal{R} oarecare și implementați operațiile specifice.
3. Care este cel mai mic, respectiv cel mai mare număr de elemente dintr-un ansamblu având înălțimea h ?
4. Arătați că un ansamblu având n elemente are înălțimea $\lceil \log_2 n \rceil$

5. Arătați că în orice subarbore al unui ansamblu rădăcina subarborelui conține cea mai mare valoare care aparține în acel arbore (dacă $\mathcal{R} = \geq$).
6. Dacă $\mathcal{R} = \geq$, unde se poate afla cel mai mic element al unui ansamblu, presupunând că toate elementele sunt distincte?
7. Este vectorul în care elementele se succed în ordine descrescătoare un ansamblu?
8. Este secvența $\langle 23, 17, 14, 6, 13, 10, 15, 7, 12 \rangle$ un ansamblu?
9. Găsiți un algoritm $O(n \cdot \log_2 k)$ pentru a interclasa k liste ordonate, unde n este numărul total de elemente din listele de intrare. Indicație: **se va folosi un ansamblu binar.**