

Lista înlănțuită

- Structură de date *dinamică* - una dintre cele mai simple și des folosite structuri fundamentale de date pentru reprezentarea TAD-urilor (*Colecție*, *Mulțime*, *Dicționar*, *Listă*, *Stivă*, *Coadă*, etc).
- Structură de date liniară.
- Listele înlănțuite sunt folosite pentru reprezentarea *înlănțuită* a containerelor de date.
- *Lista înlănțuită* - colecție de elemente stocate în locații numite *noduri*, a căror **ordine** este determinată de o *legătură* (referință) conținută în fiecare nod.
 - ordine între *pozițiile* elementelor în cadrul listei
- Fiecare nod al listei conține:
 - elementul propriu-zis (informația utilă) din nodul listei (poate fi văzut ca o cheie a nodului); și
 - legături (referințe):
 - * spre **următorul** element din listă; ȘI/SAU
 - * spre **precedentul** elementul din listă.
- Nodurile unei liste înlănțuite nu sunt memorate în locații succesive în memorie (așa cum se întâmplă la reprezentarea secvențială)
 - de aceea e necesar să memorăm nodul **următor/precedent**
- Caracteristica reprezentării înlănțuite - **accesul secvențial**: un element va putea fi accesat pornind de la primul element al listei (numit și capul listei) și urmând legăturile până când elementul este găsit (operația are complexitate-timp *liniară*).
- Operații (depind de specificul containerului care se reprezintă folosind lista înlănțuită):
 - inserare/ștergere elemente pe orice *poziție* în listă
 - căutarea unei valori în listă
 - determinarea succesorului (predecesorului) unui element aflat pe o anumită *poziție*
 - accesarea unui element pe baza *poziției* sale în listă.

Există următoarele tipuri de reprezentări înlanțuite:

1. Reprezentare simplu înlanțuită. (Singly linked list)

- În fiecare nod este memorată legătura spre următorul element din listă.
- Lista va fi identificată printr-o referință la primul său element
- se poate memora și referință către ultimul element pentru a eficientiza anumite operații.

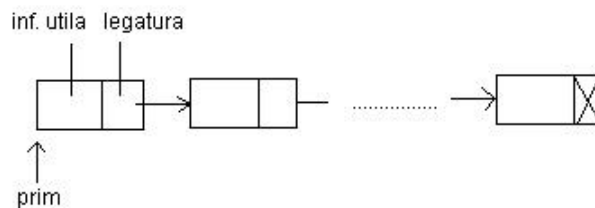


Figura 1: Reprezentarea simplu înlanțuită a listelor.

- Dacă legăturile între noduri ar fi memorate sub formă de adrese în memorie (pointeri), atunci ultimul element va conține în câmpul de legătură pointerul nul (NIL).
 - În acest caz, dacă **prim** este NIL, atunci lista este vidă.

2. Reprezentare dublu înlanțuită. (Double linked list)

- În fiecare nod sunt memorate legături atât spre următorul element din listă, cât și spre precedentul element.
- Lista va fi identificată prin câte o referință la primul și la ultimul său element.

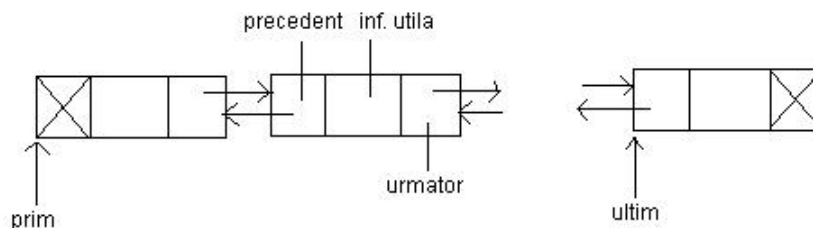


Figura 2: Reprezentarea dublu înlanțuită a listelor.

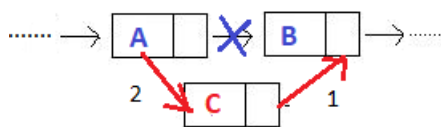
- Dacă legăturile între noduri ar fi memorate sub formă de adrese (pointeri), atunci ultimul element va conține în câmpul de legătură **urmator** pointerul nul (NIL), iar primul element va conține în câmpul de legătură **precedent** pointerul nul.
 - În acest caz, dacă **prim** este NIL și **ultim** este NIL, atunci lista este vidă.

3. Reprezentare înlănțuită circulară (Circular linked list)– reprezentare înlănțuită (simplu sau dublu) în care

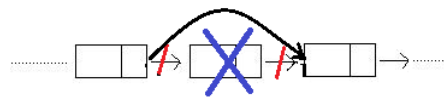
- ultimul element are o legătură spre primul element al listei.
- Lista va păstra o referință către ultimul element al listei - ultim
- referința către primul nod se obține din legătura spre următorul element al nodului ultim.

Avantaje ale reprezentării înlănțuite

- noi elemente pot fi adăugate sau șterse oriunde în listă, gestionând legăturile între elemente, fără costuri mari (complexități-timp *constante*);
 - în Figura 3(a) este ilustrată o adăugare între două noduri într-o *listă simplă înlănțuită* - $\theta(1)$
 - * se creează nodul conținând informația utilă dorită (**C**)
 - * se adaugă legăturile în ordinea 1, 2 (marcate cu **roșu**)
 - în Figura 3(b) este ilustrată ștergerea unui nod dintr-o *listă simplă înlănțuită* - $\theta(1)$
 - * ștergerea nodului marcat cu albastru presupune adăugarea legăturii evidențiate pe figură



(a) Adăugare element între două noduri.



(b) Ștergere nod.

Figura 3: Exemplu **adăugare** (a) și **ștergere** (b).

- în cazul în care se folosește alocarea dinamică, nu există limitare a capacității listei (număr de elemente).

Dezavantaje ale reprezentării înlănțuite

- spațiu suplimentar de memorie pentru memorarea legăturilor.
- accesul la elementul de pe poziția k este dificil (complexitate timp *liniară*).

Modalități de reprezentare a înlănțuirilor

1. folosind alocare dinamică a memoriei (*poziția* în cadrul listei va fi adresa de memorare a unui nod al listei - *pointer*).
2. folosind alocare statică a memoriei (tablou) (*poziția* în cadrul listei va fi indicele din tablou unde se memorează un nod al listei - *întreg*).

Alte tipuri de liste înlănțuite

A se consulta documentul din Class Materials/Curs 4.

- **Liste dublu înlănțuite de tip XOR** (*XOR double linked list*)
 - pentru a reduce spațiul de memorare pentru a stoca legăturile în nodurile unei liste dublu înlănțuite
- **Skip lists**
 - structură eficientă de date pentru memorarea unui dicționar ordonat