4. Λίστες

4.1 Ο ΑΤΔ Λίστα & Υλοποίηση Λίστας με σειριακή αποθήκευση

Ως δομή δεδομένων, μια **λίστα** (**list**) είναι μια πεπερασμένη αλληλουχία στοιχείων. Αν και οι βασικές λειτουργίες που συνδέονται με τις λίστες διαφέρουν ανάλογα με την εφαρμογή, συνήθως περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- **Δημιουργία κενής λίστας**
- **Έλεγχος αν μια λίστα είναι κενή**
- **Διάσχιση της λίστας** ή τμήματός της για προσπέλαση και επεξεργασία των στοιχείων με τη σειρά
- **Εισαγωγή ενός νέου στοιχείου** στη λίστα
- **Διαγραφή κάποιου στοιχείου** από τη λίστα

Η βασική διαφορά της λίστας από την στοίβα και την ουρά είναι ότι η πρώτη είναι προσπελάσιμη σε οποιαδήποτε θέση της, ενώ η μεν στοίβα είναι προσπελάσιμη μόνο στο ένα άκρο της, η δε ουρά στα δύο άκρα της. Έτσι, λοιπόν, η εισαγωγή ενός στοιχείου σε μια λίστα μπορεί να γίνει σε οποιαδήποτε θέση της (ανάλογα με το πρόβλημα) και η διαγραφή ενός στοιχείου μπορεί να γίνει από οποιαδήποτε θέση της.

Ο τύπος δεδομένων Λίστα μπορεί να οριστεί τυπικά ως εξής:

ΑΤΔ ΛΙΣΤΑ

Συλλογή στοιχείων δεδομένων:

Μια ακολουθία στοιχείων δεδομένων σε γραμμική διάταξη.

Βασικές λειτουργίες:

Δημιουργία κενής λίστας - CreateList:

Λειτουργία:	Δημιουργεί μια κενή λίστα.
Επιστρέφει:	Μια κενή λίστα.

Έλεγχος αν μια λίστα είναι κενή -EmptyList:

Δέχεται:	Μια λίστα.
Λειτουργία:	Ελέγχει αν η λίστα είναι κενή.
Επιστρέφει:	TRUE, αν η λίστα είναι κενή, FALSE διαφορετικά.

Διάσχιση της λίστας -Traverse:

Δέχεται:	Μια λίστα.
Λειτουργία:	Διασχίζει τη λίστα (ή τμήμα της) για προσπέλαση και επεξεργασία των στοιχείων με τη σειρά.
Επιστρέφει:	Εξαρτάται από το είδος της επεξεργασίας.

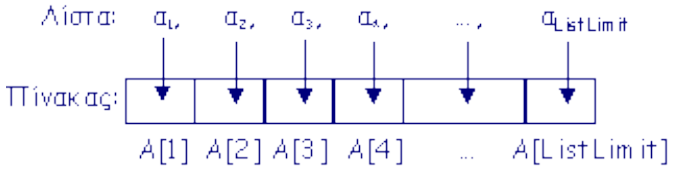
Εισαγωγή ενός νέου στοιχείου -Insert:

Δέχεται:	Μια λίστα, ένα στοιχείο δεδομένων και μια θέση μέσα στη λίστα.
Λειτουργία:	Εισάγει το στοιχείο στην συγκεκριμένη θέση της λίστας.
Επιστρέφει:	Την τροποποιημένη λίστα.

Διαγραφή κάποιου στοιχείου -Delete:

Δέχεται:	Μια λίστα και μια θέση μέσα στη λίστα.
Λειτουργία:	Διαγράφει το στοιχείο από την συγκεκριμένη θέση της λίστας.
Επιστρέφει:	Την τροποποιημένη λίστα.

Καθότι οι λίστες, όμοια με τις στοίβες και τις ουρές, είναι ακολουθίες στοιχείων δεδομένων, θα ήταν φυσικό να χρησιμοποιήσουμε και πάλι έναν πίνακα σαν την βασική αποθηκευτική δομή. Με την μέθοδο αυτή τα διαδοχικά στοιχεία της λίστας αποθηκεύονται σε μία σειρά διαδοχικών θέσεων πίνακα, με το πρώτο στοιχείο της λίστας στην θέση 1 του πίνακα, το δεύτερο στην θέση 2, κ.ο.κ. Θα αναφερόμαστε σε αυτήν την υλοποίηση λίστας ως την **υλοποίηση λίστας με σειριακή αποθήκευση**(**sequential storage implemention of lists**).



Μια λίστα και τα στοιχεία της μπορούν να αποθηκευτούν με τη χρήση μιας εγγραφής, όπως φαίνεται παρακάτω:

```
 #define ListLimit 50          /* μέγιστο μέγεθος της λίστας, ενδεικτικά 50*/
typedef int ListElementType;   /* τύπος δεδομένων των στοιχείων της λίστας,
                                  ενδεικτικά τύπου int */
typedef struct {
              int Size;
              ListElementType Element[ListLimit];
} ListType;
```

Οι τρεις πρώτες βασικές λειτουργίες της λίστας είναι εύκολο να υλοποιηθούν. Αν η List είναι τύπου ListType τότε:

Δημιουργία κενής λίστας(CreateList): Μια κενή λίστα δημιουργείται θέτοντας List.Size <- 0

Έλεγχος αν μια λίστα είναι κενή (EmptyList): Αν θεωρήσουμε ότι υπάρχει μια boolean συνάρτηση EmptyList, τότε μπορεί να πάρει τιμή TRUE ή FALSE αν η συνθήκη EmptyList <- (List.Size=0) είναι αληθής ή ψευδής αντίστοιχα.

Διάσχιση της λίστας (Traverse): Η διάσχιση της λίστας για π.χ. εμφάνιση των στοιχείων της μπορεί να γίνει με τον ακόλουθο βρόχο:

Για i από 1 **μέχρι** List.Size
  Γράψε List.Element[i]
Τέλος_επανάληψης

for (i=0; i< List.Size; i++)
  printf("%d\n",List.Element[i]);
printf("\n");

Για να δούμε πώς λειτουργούν οι διαδικασίες εισαγωγής και διαγραφής στοιχείων από την ή στην λίστα, ας θεωρήσουμε μια λίστα ταξινομημένων ακεραίων αριθμών με αύξουσα διάταξη όπως η ακόλουθη:

4, 12, 37, 40, 49, 63, 71

Η λίστα αυτή μπορεί να αποθηκευτεί με την μορφή πίνακα ως εξής:

List

Θέση	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**…**
αριθμός	4	12	37	40	49	63	71	…

Έστω ότι θέλουμε να προσθέσουμε ένα νέο αριθμό στην λίστα, π.χ. τον 28. Επειδή θέλουμε τα στοιχεία της λίστας να είναι ταξινομημένα κατά αύξουσα σειρά, θα πρέπει να μετατοπίσουμε κατά μία θέση δεξιά τα στοιχεία που βρίσκονται δεξιά του 12, ώστε να δημιουργηθεί μια ελεύθερη θέση μεταξύ του 12 και του 37 και να τοποθετηθεί εκεί ο αριθμός 28, όπως φαίνεται παρακάτω:

List

Θέση	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**…**
αριθμός	4	12	28	37	40	49	63	71	…

Πριν, όμως, προχωρήσουμε στην εισαγωγή του νέου στοιχείου στη λίστα, θα πρέπει να εξετάσουμε αν υπάρχει χώρος για αυτό το νέο στοιχείο, δηλαδή αν η λίστα δεν είναι γεμάτη. Ενώ, λοιπόν, θεωρητικά μια λίστα είναι απεριόριστη και μπορούμε να εισάγουμε όσα στοιχεία θέλουμε σ' αυτήν, εδώ περιοριζόμαστε από το μέγεθος του πίνακα με τον οποίο υλοποιούμε την λίστα. Επομένως, είναι απαραίτητο να συμπεριληφθεί και μια συνάρτηση FullList στο

πακέτο για τον ΑΤΔ Λίστα, η οποία να εξετάζει αν προκλήθηκε κάποιο σφάλμα στην προσπάθεια εισαγωγής ενός νέου στοιχείου στη λίστα.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τα παραπάνω, αν γράψουμε ένα αλγόριθμο για τη λειτουργία της εισαγωγής, τότε αυτός θα πρέπει πρώτα να ελέγχει αν ο πίνακας είναι γεμάτος και, αν δεν είναι, να εκτελεί τις απαιτούμενες μετατοπίσεις των στοιχείων του πίνακα πριν εισάγει το νέο στοιχείο σ' αυτόν. Στην περίπτωση που ο πίνακας είναι γεμάτος, είναι προφανές ότι το νέο στοιχείο δεν μπορεί να εισαχθεί στον πίνακα. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένας **αλγόριθμος για την εισαγωγή στοιχείου σε λίστα** (Insert):

Εισαγωγή (Insert)

/*Αλγόριθμος εισαγωγής του στοιχείου *Item* στη λίστα *List*, μετά από το στοιχείο που βρίσκεται στη θέση *Pos* (αν η λίστα είναι κενή τότε *Pos*=0) */

Αν η λίστα είναι γεμάτη **τότε**

Γράψε 'Προσπαθείς να εισάγεις σε γεμάτη λίστα!'

Αλλιώς /*Μετατόπιση των στοιχείων της λίστας κατά μία θέση προς το τέλος, δηλαδή από τη θέση *Pos* και μετά*/

α. **Για** *i* **από** *Size* **μέχρι** *Pos* + 1 **με_βήμα** -1

Μετατόπισε το στοιχείο του πίνακα *Element* από τη θέση *i* στη θέση *i*+1, δηλαδή κατά μία θέση δεξιότερα, προς το τέλος του πίνακα

Τέλος_επανάληψης

β. Θέσε στη θέση *Pos* + 1 του πίνακα *Element* /*η οποία πλέον είναι ελεύθερη*/ την τιμή της *Item*

γ. *Size* ← *Size* + 1 /*Αύξηση του πλήθους των στοιχείων της λίστας κατά 1*/

Τέλος_αν

Παρακάτω φαίνεται μια διαδικασία που υλοποιεί τον αλγόριθμο εισαγωγής στοιχείου σε λίστα:

```
void Insert(ListType *List, ListElementType Item, int Pos)

/*Δέχεται:        Μια λίστα List, ένα στοιχείο Item και μια θέση Pos μέσα στη
                  λίστα.
  Λειτουργία:     Εισάγει το στοιχείο Item στη λίστα List μετά από το στοιχείο που
                  βρίσκεται στη θέση Pos (αν η λίστα είναι κενή τότεPos=-1).
  Επιστρέφει:     Την τροποποιημένη λίστα.
  Έξοδος:         Μήνυμα λάθους στην περίπτωση που η εισαγωγή αποτύχει.*/
{
    int i;
    if (FullList(*List))
        printf("Full list...\n");
    else
    {
        for (i=List->Size-1; i>=Pos+1;i--)
            List->Element[i+1] = List ->Element[i];
        List->Element[Pos+1]=Item;
        List->Size++;
    }
}
```

Η αποδοτικότητα της διαδικασίας Insert εξαρτάται από το πλήθος των στοιχείων του πίνακα που πρέπει να μετακινηθούν προκειμένου να δημιουργηθεί κενή θέση για το νέο στοιχείο. Στην καλύτερη περίπτωση το νέο στοιχείο πρέπει να εισαχθεί στο τέλος της λίστας, οπότε δεν χρειάζεται να μετακινηθεί κανένα από τα στοιχεία του πίνακα. Στην χειρότερη περίπτωση το νέο στοιχείο πρέπει να εισαχθεί στην αρχή της λίστας, πράγμα το οποίο συνεπάγεται μετατόπιση όλων των στοιχείων της λίστας. Επομένως, αν το μέγεθος της λίστας είναι *n* τότε κατά μέσο όρο πρέπει να μετακινηθούν *n*/2 στοιχεία του πίνακα για την εισαγωγή ενός νέου στοιχείου.

Βέβαια, όλα τα παραπάνω ισχύουν εφόσον μας ενδιαφέρει η σειρά των στοιχείων στη λίστα. Αν η σειρά δεν μας ενδιαφέρει, τότε η εισαγωγή νέων στοιχείων μπορεί να γίνει σε οποιαδήποτε θέση της λίστας και μάλιστα βολεύει να γίνεται στο τέλος της. Για μια τέτοια λίστα η εισαγωγή στοιχείου είναι ίδια με την ώθηση ενός στοιχείου σε μια στοίβα.

Έστω τώρα ότι θέλουμε να διαγράψουμε τον αριθμό 12 από τη λίστα που είχαμε προηγουμένως. Η διαγραφή αυτή συνεπάγεται και μετατόπιση κατά μία θέση προς τα αριστερά των αριθμών που βρίσκονταν δεξιά του 12.

List

Θέση	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**…**
αριθμός	4	28	37	40	49	63	71	…

Και η λειτουργία της διαγραφής ενός στοιχείου από τη λίστα, δηλαδή, μπορεί να προκαλέσει μετατόπιση κάποιων στοιχείων της. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένας **αλγόριθμος για τη διαγραφή ενός στοιχείου από μια λίστα** (Delete):

Διαγραφή (Delete)

/*Αλγόριθμος διαγραφής του στοιχείου από τη θέση Pos της λίστας*/
Αν η λίστα είναι άδεια **τότε**
    Γράψε 'Προσπαθείς να διαγράψεις από κενή λίστα!'
Αλλιώς
    α. *Size* ← *Size* - 1 /*Μείωση του πλήθους των στοιχείων της λίστας κατά 1*/
    β. /*Μετατόπιση των στοιχείων της λίστας κατά μία θέση προς την αρχή, δηλαδή από τη θέση *Pos* + 1 μέχρι το τέλος*/
    Για *i* **από** *Pos* **μέχρι** *Size*
        Μετατόπισε το στοιχείο του πίνακα *Element* από τη θέση *i* + 1 στη θέση *i,* δηλαδή κατά μια θέση αριστερότερα προς την αρχή του πίνακα
    Τέλος_επανάληψης
Τέλος_αν

Η διαδικασία για τη διαγραφή ενός στοιχείου από μια λίστα είναι η ακόλουθη:

```
void Delete(ListType *List, int Pos)

/*Δέχεται:          Μια λίστα List και μια θέση Pos μέσα στη λίστα.
  Λειτουργία:       Διαγράφει το στοιχείο από τη θέση Pos της λίστας List.
  Επιστρέφει:       Την τροποποιημένη λίστα.
  Έξοδος:           Μήνυμα λάθους στην περίπτωση που η διαγραφή αποτύχει.*/
{
    int i;
    if (EmptyList(*List))
        printf("Empty list...\n");
    else
    {
        for (i=Pos; iSize-1; i++)
            List->Element[i] = List ->Element[i+1];
        List->Size--;
    }
}
```

Η αποδοτικότητα της διαδικασίας Delete εξαρτάται και αυτή από το πλήθος των στοιχείων του πίνακα που πρέπει να μετακινηθούν μετά τη διαγραφή του στοιχείου. Στη καλύτερη περίπτωση το στοιχείο διαγράφεται από το τέλος της λίστας, οπότε δεν χρειάζεται να

μετακινηθεί κανένα από τα στοιχεία του πίνακα. Στην χειρότερη περίπτωση το στοιχείο διαγράφεται από την αρχή της λίστας, πράγμα το οποίο συνεπάγεται μετατόπιση όλων των στοιχείων της λίστας. Επομένως, και πάλι ο μέσος όρος μετακινήσεων που πρέπει να γίνουν είναι *n*/2.

Παρακάτω φαίνεται ένα ολοκληρωμένο πακέτο για τον ΑΤΔ Λίστα, που αποτελείται από το αρχείο διασύνδεσης ListADT.h και το αρχείο υλοποίησης ListADT.c. Το ListADT.c μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα πρόγραμμα-πελάτη της C με χρήση της εντολής

#include "ListADT.h";

```
                /*Πακέτο για τον ΑΤΔ Λίστα με πίνακα*/

//Filename ListADT.h;
   #define ListLimit 50              /* όριο μεγέθους της λίστας, ενδεικτικά
                                     τέθηκε ίσο με 50.*/
 typedef int ListElementType;       /*τύπος δεδομένων για τα στοιχεία της
                                    λίστας ενδεικτικά επιλέχθηκε ο τύπος int*/
typedef struct
{
                int Size;
                ListElementType Element[ListLimit];
} ListType;
typedef enum {
               FALSE, TRUE
} boolean;

void CreateList(ListType *List);
boolean EmptyList(ListType List);
boolean FullList(ListType List);
void Insert(ListType *List, ListElementType Item, int Pos);
void Delete(ListType *List, int Pos);
void TraverseList(ListType List);


//Filename ListADT.c;

void CreateList(ListType *List)
/*Λειτουργία:    Δημιουργεί μια κενή λίστα.
  Επιστρέφει:    Μια κενή λίστα*/
{
    List -> Size = 0;
}

boolean EmptyList(ListType List)
/*Δέχεται:       Μια λίστα List.
```

```
  Λειτουργία:    Ελέγχει αν η λίστα List είναι κενή.
  Επιστρέφει:    TRUE αν η λίστα List είναι άδεια, FALSE διαφορετικά.*/
{
    return (List.Size == 0);
}

boolean FullList(ListType List)
 /*Δέχεται:       Μια λίστα List.
  Λειτουργία:    Ελέγχει αν η λίστα List είναι γεμάτη.
  Επιστρέφει:    TRUE αν η λίστα List είναι γεμάτη, FALSE διαφορετικά.*/
{
    return (List.Size == (ListLimit));
}

 void Insert(ListType *List, ListElementType Item, int Pos)
 /*Δέχεται:       Μια λίστα List, το στοιχείο Item και τη θέση Pos μέσα στη λίστα.
  Λειτουργία:    Εισάγει, στη λίστα List, αν δεν είναι γεμάτη, μετά τη θέση Pos το
                 στοιχείο Item.
  Επιστρέφει:    Την τροποποιημένη λίστα List.
  Έξοδος:        Μήνυμα γεμάτης λίστας, αν η λίστα List είναι γεμάτη.*/
{
    int i;
    if (FullList(*List))
        printf("Full list...\n");
    else
    {
        for (i=List->Size-1; i>=Pos+1;i--)
            List->Element[i+1] = List ->Element[i];
        List->Element[Pos+1]=Item;
        List->Size++;
    }
}

 void Delete(ListType *List, int Pos)
 /*Δέχεται:       Μια λίστα List.
  Λειτουργία:    Διαγράφει από τη λίστα List, αν δεν είναι κενή, το στοιχείο που
                 βρίσκεται στη θέση Pos.
  Επιστρέφει:    Την τροποποιημένη λίστα List.
  Έξοδος:        Μήνυμα κενής λίστας, αν η λίστα List είναι κενή.*/
{
    int i;
    if (EmptyList(*List))
        printf("Empty list...\n");
    else
    {
        for (i=Pos; i < List->Size-1; i++)
            List->Element[i] = List ->Element[i+1];
        List->Size--;
    }
```

```
}

 void TraverseList(ListType List)
/*Δέχεται:       Μια λίστα List.
  Λειτουργία:    Κάνει διάσχιση της λίστα List, αν δεν είναι κενή.
  Έξοδος:        Εξαρτάται από την επεξεργασία.*/
{
    int i;
    if (EmptyList(List))
          printf("Empty List\n");
    else
    {
        printf("\n Plithos stoixeiwn sth lista %d\n", List.Size);
        for (i=0; i< List.Size; i++)
            printf("%d\n",List.Element[i]);
        printf("\n");
    }
}
```

Επειδή, λοιπόν, κάθε φορά που εισάγουμε ένα στοιχείο στη λίστα ή διαγράφουμε ένα από αυτήν, είναι πιθανό να προκαλέσουμε μετατόπιση πολλών στοιχείων μέσα σ' αυτήν, οι διαδικασίες αυτές μπορεί να είναι πολύ αργές. Η υλοποίηση που περιγράφτηκε παραπάνω είναι κατάλληλη για **στατικές λίστες** (**static lists**) όχι όμως και για **δυναμικές λίστες** (**dynamic lists**), στις οποίες εκτελείται ένας μεγάλος αριθμός εισαγωγών και διαγραφών. Όταν οι εισαγωγές και διαγραφές χρειάζεται να γίνονται σε οποιαδήποτε θέση της λίστας, τότε καταφεύγουμε στις συνδεδεμένες λίστες (linked lists), που περιγράφονται στην ενότητα 4.2.