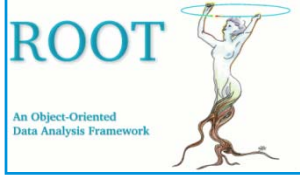
Σύνθεση και Κληρονομικότητα

- Σύνθεση (composition)
- Κληρονομικότητα (inheritance)
- Υπερφόρτωση κληρονομημένων μελών
- Εικονικές συναρτήσεις και Πολυμορφισμός
- Αφηρημένες (abstract) βασικές κλάσεις

Σύνθεση (composition)



- Η σύνθεση (composition) κλάσεων αναφέρεται στη χρήση μιας ή περισσοτέρων κλάσεων στον ορισμό μιας άλλης κλάσης.
- Όταν ένα μέλος δεδομένων της νέας κλάσης είναι αντικείμενο άλλης κλάσης, λέμε ότι η νέα κλάση είναι ένα σύνθετο αντικείμενο (composite) άλλων αντικειμένων.
- Στο ακόλουθο παράδειγμα γίνεται η σύνθεση της κλάσης Date στην Person.

Αρχείο Date.h
(Περιγραφή της κλάσης Date)

```
// Date.h
#include <iostream>
using namespace std;
#include <string>

class Date
{
  friend istream& operator>>(istream&, Date&);
  friend ostream& operator<<(ostream&, const Date&);
public:
  Date(int d=0, int m=0, int y=0) : month(m), day(d), year(y) { }
  void setDate(int d, int m, int y) { day = d; month = m; year = y; }
private:
  int day, month, year;
};

istream& operator>>(istream& in, Date& x)
{
  in >> x.day >> x.month >> x.year;
  return in;
}

ostream& operator<<(ostream& out, const Date& x)
{
  static string monthName[13] = {"","January","February","March","April","May","June","July",
                                 "August","September","October","November","December"};
  out << x.day << ' ' << monthName[x.month] << ", " << x.year;
  return out;
}
```

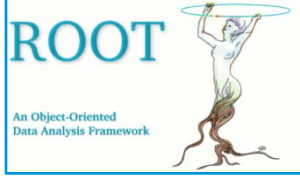
Σύνθεση (composition)

ROOT
An Object-Oriented Data Analysis Framework

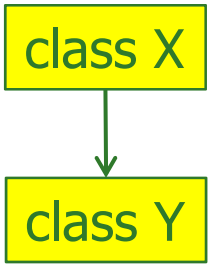
```
// Synthesi klasis Date stin Person
#include <iostream>
using namespace std;
#include <string>
#include "Date.h"

class Person
{
  public:
    Person(string n="", int s=0, string nat="U.S.A.") : name(n), sex(s), nationality(nat) { }
    void setDOB(int d, int m, int y) { dob.setDate(d, m, y); }
    void setDOD(int d, int m, int y) { dod.setDate(d, m, y); }
    void printName() { cout << name; }
    void printNationality() { cout << nationality; }
    void printDOB() { cout << dob; }
    void printDOD() { cout << dod; }
 private:
    string name, nationality;
    Date dob, dod;                  // date of birth and death
    int sex;                        // 0=female, 1=male
 };

int main(){
   Person author("Thomas Jefferson", 1);
   author.setDOB(13,4,1743);
   author.setDOD(4,7,1826);
   cout << "The author of the Declaration of Independence was ";
   author.printName();
   cout << ".  \nHe was born on ";
   author.printDOB();
   cout << " and he died on ";
   author.printDOD();
   cout << ".\n";
}
```

```
[panos@pc-247 Cpp]$ c++ sinthesi.cpp
[panos@pc-247 Cpp]$ a.out
The author of the Declaration of Independence was Thomas Jefferson.
He was born on 13 April, 1743 and he died on 4 July, 1826.
[panos@pc-247 Cpp]$
```

Κληρονομικότητα (inheritance)



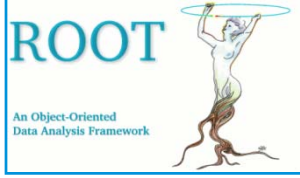
- Ένας άλλος τρόπος επέκτασης λογισμικού είναι η δημιουργία νέου μέσω της κληρονομικότητας.
- Μέσω της κληρονομικότητας μπορούμε να δημιουργήσουμε μια νέα κλάση αντικειμένων προσδιορίζοντας μόνο τα σημεία εκείνα στα οποία αυτή διαφέρει από μια υπάρχουσα κλάση.




```
class Y : public X {
    // ......
};
```

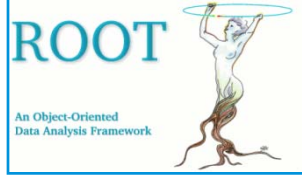
- Η X ονομάζεται βασική κλάση (base class) ή υπερκλάση (superclass) και η Y ονομάζεται παράγωγη κλάση (derived class) ή δευτερεύουσα κλάση (subclass).
- Η λέξη-κλειδί public μετά την άνω-κάτω τελεία καθορίζει δημόσια κληρονομικότητα (public inheritance) που σημαίνει ότι τα δημόσια (public) μέλη της βασικής κλάσης γίνονται δημόσια μέλη της παράγωγης κλάσης.
- Στο ακόλουθο παράδειγμα η κλάση Student παράγεται από την κλάση Person.

Κληρονομικότητα (inheritance)




```
// Paragwgh ths Student apo thn Person
#include <iostream>
using namespace std;
#include <string>
#include "Date.h"

class Person
{
  public:
    Person(string n="", int s=0, string nat="U.S.A.") : name(n), sex(s), nationality(nat) {
    void setDOB(int d, int m, int y) { dob.setDate(d, m, y); }
    void setDOD(int d, int m, int y) { dod.setDate(d, m, y); }
    void printName() { cout << name; }
    void printNationality() { cout << nationality; }
    void printDOB() { cout << dob; }
    void printDOD() { cout << dod; }
 protected:
    string name, nationality;
    Date dob, dod;                  // date of birth and death
    int sex;                        // 0=female, 1=male
 };

class Student : public Person
{
  public:
    Student (string n, int s=0, string i="") : Person(n,s), id(i), credits(0) { }
    void setDOM(int d, int m, int y) { dom.setDate(d, m, y); }
    void printDOM() { cout << dom; }
    void printSex() { cout << (sex ? "male" : "female"); }
 protected:
    string id;              //arithmos mitrwou foititi
    Date dom;               //hmerominia eggrafis
    int credits;            //vathmos mathimatos
    float gpa;              //mesos oros vathmologias
 };
```

Κληρονομικότητα (inheritance)

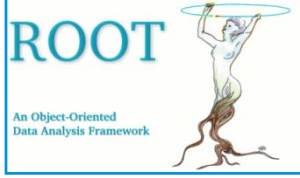



```
int main(){
   Student x("Ann Jones", 0, "12345" );
   x.setDOB(13, 5, 1988);
   x.setDOM(8, 9, 2006);
   x.printName();
   cout << "\n\t         Born : "; x.printDOB();
   cout << "\n\t          Sex : "; x.printSex();
   cout << "\n\t Matriculated : "; x.printDOM();
   cout << endl;
}
```

```
[panos@pc-247 Cpp]$ c++ klironomikotita.cpp
[panos@pc-247 Cpp]$ a.out
Ann Jones
                  Born : 13 May, 1988
                   Sex : female
          Matriculated : 8 September, 2006
[panos@pc-247 Cpp]$
```

- Στο παράδειγμα παρατηρούμε πως τα μέλη name, nationality, dob, dod και sex της κλάσης Person έχουν δηλωθεί ως protected. Αυτό γίνεται ώστε τα μέλη αυτά να μπορούν να προσπελαστούν από την κλάση Student.
- Η κατηγορία πρόσβασης protected αποτελεί μια εξισορρόπηση μεταξύ των κατηγοριών private και public. Τα προστατευόμενα (protected) μέλη είναι προσπελάσιμα από το εσωτερικό της ίδιας της κλάσης και τις παράγωγες κλάσεις.
- Μια δευτερεύουσα κλάση κληρονομεί όλα τα δημόσια και προστατευόμενα μέλη της βασικής κλάσης.

Υπερφόρτωση κληρονομημένων μελών



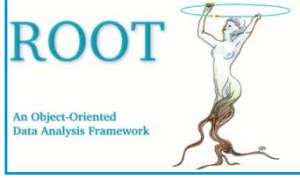
- Στο παρακάτω παράδειγμα η κλάση Y είναι δευτερεύουσα κλάση της X. Όπως παρατηρούμε στην κλάση Y ορίζονται η συνάρτηση-μέλος ff() και το μέλος a τα οποία υπερφορτώνουν (override) τα αντίστοιχα της κλάσης X.
- Στα σχήματα φαίνεται πως μπορούμε μέσω ενός αντικειμένου της κλάσης Y να προσπελάσουμε την ff() και το a τα οποία έχουν ορισθεί στην κλάση X.

```
class X
  { public:
      void ff() { cout << "X::ff()\n"; }
      int a;
  };
class Y : public X
  { public:
      void ff() { cout << "Y::ff()\n"; }
      int a;
  };
```

```
Y y;
y.ff();
y.a;
```

```
Y y;
y.X::ff();
y.X::a;
```

Εικονικές συναρτήσεις και Πολυμορφισμός



- Ένα από τα πλέον ισχυρά χαρακτηριστικά της C++ είναι ότι επιτρέπει σε αντικείμενα διαφορετικού τύπου να ανταποκρίνονται διαφορετικά στην ίδια κλήση συνάρτησης. Αυτό ονομάζεται πολυμορφισμός (polymorphism) και επιτυγχάνεται μέσω των εικονικών συναρτήσεων (virtual functions).
- Ο πολυμορφισμός καθίσταται δυνατός από το γεγονός ότι ένας δείκτης προς ένα στιγμιότυπο βασικής κλάσης μπορεί επίσης να δείχνει και σε στιγμιότυπο οποιασδήποτε δευτερεύουσας κλάσης:

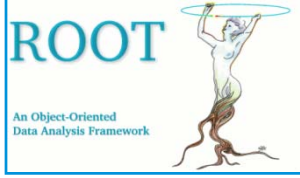
```
class X
   { // ……
   };
class Y : public X
   { // ……
   };
int main(){
   X* p;
   Y y;
   p = &y;
   ……
}
```

Η Y είναι δευτερεύουσα κλάση της X

p δείκτης προς αντικείμενα της βασικής κλάσης X

p μπορεί να δείχνει και σε αντικείμενα της δευτερεύουσας κλάσης Y

Εικονικές συναρτήσεις και Πολυμορφισμός



- Στα προγράμματα επίδειξης που ακολουθούν, ο p δηλώνεται ως δείκτης προς αντικείμενα της βασικής κλάσης X. Αριστερά γίνονται δύο κλήσεις της συνάρτησης p->f() οι οποίες καλούν την έκδοση της f() που έχει οριστεί στη βασική κλάση X.
- Δεξιά η δεύτερη κλήση p->f() καλεί την συνάρτηση Y::f() αντί για τη X::f(). Αυτό συμβαίνει γιατί μετασχηματίσαμε την X::f() σε εικονική (virtual) συνάρτηση.

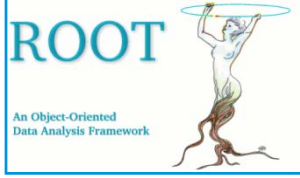
```
// Xrisi eikonikwn synarthsewn

#include <iostream>
using namespace std;

class X
{
public:
  void f() { cout << "X::f() executing\n"; }
};

class Y : public X
{
public:
  void f() { cout << "Y::f() executing\n"; }
};

int main()
{
  X x;
  Y y;
  X* p = &x;
  p->f();       // invokes X::f() because p has type X*
  p = &y;
  p->f();       // invokes X::f() because p has type X*
}
```

```
[panos@pc-247 Cpp]$ c++ vitrual_a.cpp
[panos@pc-247 Cpp]$ a.out
X::f() executing
X::f() executing
[panos@pc-247 Cpp]$
```

```
// Xrisi eikonikwn synartisewn

#include <iostream>
using namespace std;

class X
{
public:
  virtual void f() { cout << "X::f() executing\n"; }
};

class Y : public X
{
public:
  void f() { cout << "Y::f() executing\n"; }
};

int main()
{
  X x;
  Y y;
  X* p = &x;
  p->f();       // invokes X::f() because p has type X*
  p = &y;
  p->f();       // invokes X::f() because p has type X*
}
```

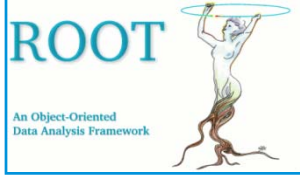
```
[panos@pc-247 Cpp]$ c++ vitrual_b.cpp
[panos@pc-247 Cpp]$ a.out
X::f() executing
Y::f() executing
[panos@pc-247 Cpp]$
```

Εικονικές συναρτήσεις και Πολυμορφισμός

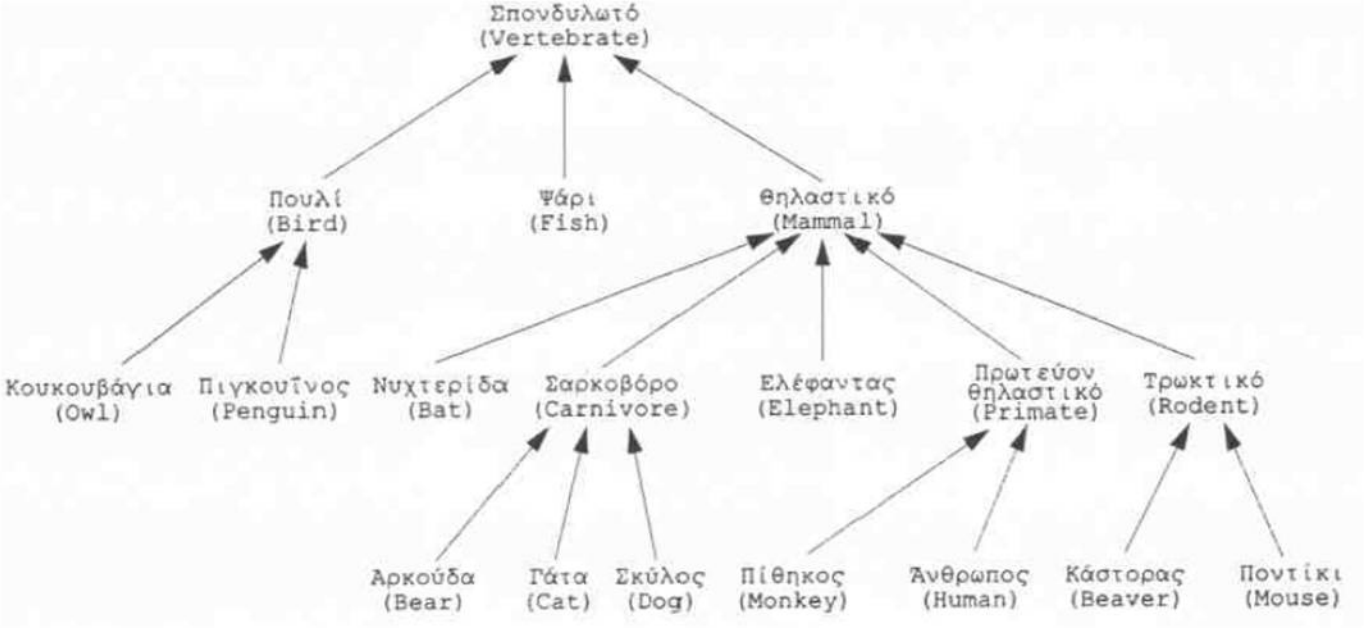


- Το προηγούμενο παράδειγμα παρουσιάζει τον πολυμορφισμό : η ίδια κλήση p->f() έχει αποτέλεσμα την κλήση διαφορετικών συναρτήσεων. Η συνάρτηση επιλέγεται ανάλογα με την κλάση στην οποία δείχνει ο δείκτης p.
- Αυτό ονομάζεται *δυναμική δέσμευση (dynamic binding)* επειδή η συσχέτιση (δηλαδή, η δέσμευση) της κλήσης με τον πραγματικό κώδικα που θα εκτελεστεί αναβάλλεται μέχρι τον χρόνο εκτέλεσης.
- Ο κανόνας που λέει ότι ο στατικά καθορισμένος τύπος του δείκτη προσδιορίζει ποια συνάρτηση-μέλος θα κληθεί, υποσκελίζεται με τη δήλωση της συνάρτησης μέλους ως εικονικής συνάρτησης (virtual function).
- Γενικά, μια συνάρτηση-μέλος πρέπει να δηλώνεται ως εικονική όταν αναμένουμε ότι τουλάχιστον μία από τις δευτερεύουσες κλάσεις της θα ορίσει τη δική της έκδοση της συνάρτησης.

Αφηρημένες (abstract) βασικές κλάσεις

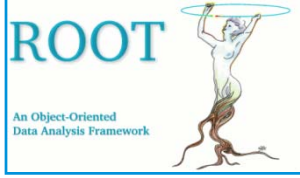


- Ένα καλά σχεδιασμένο αντικειμενοστραφές πρόγραμμα περιλαμβάνει μια ιεραρχία κλάσεων που οι σχέσεις μεταξύ τους μπορούν να περιγραφούν από ένα δενδρικό διάγραμμα όπως το επόμενο.



- Οι κλάσεις στα φύλλα αυτού του δένδρου (πχ. Owl, Fish Dog) περιλαμβάνουν ειδικές συναρτήσεις που υλοποιούν την συμπεριφορά των αντιστοίχων κλάσεων (πχ. Fish.swim(), Owl.fly(), Dog.dig()).
- Μερικές από αυτές τις συναρτήσεις μπορεί να είναι κοινές για όλες τις δευτερεύουσες κλάσεις μιας κλάσης (πχ. Vertebrate.eat(), Mammal.sucle() κτλ.)
- Τέτοιες συναρτήσεις είναι πιθανό να δηλωθούν ως εικονικές στις βασικές κλάσεις, και στη συνέχεια να υποσκελιστούν από τις δευτερεύουσες κλάσεις τους για ειδικές υλοποιήσεις.

Αφηρημένες (abstract) βασικές κλάσεις



- Αν μια εικονική συνάρτηση είναι βέβαιο ότι θα υποσκελιστεί σε όλες τις δευτερεύουσες κλάσεις της, τότε δεν είναι αναγκαίο να υλοποιηθεί στη βασική της κλάση.
- Σε αυτή την περίπτωση έχουμε μια *γνήσια εικονική συνάρτηση-μέλος* στην οποία αποδίδουμε την αρχική τιμή "=0;" στη θέση του σώματος της συνάρτησης, όπως εδώ:

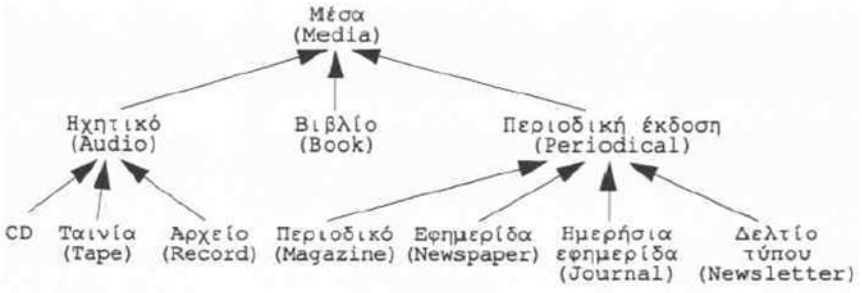
```
virtual int f() = 0;
```

- Για παράδειγμα, στην παραπάνω κλάση Vertebrate μπορεί να αποφασίσουμε ότι η συνάρτηση eat() θα υποσκελιστεί σε όλες τις δευτερεύουσες κλάσεις της, και έτσι τη δηλώνουμε ως γνήσια εικονική συνάρτηση στη βασική κλάση Vertebrate:

```
class Vertebrate
    { public:
            virtual void eat()=0;    // γνήσια εικονική συνάρτηση
    };
class Fish : public Vertebrate
    { public:
            void eat();    // υλοποιείται ειδικά για την κλάση Fish
    };
```

- Αφηρημένη (abstract) βασική κλάση είναι η κλάση που έχει μία η περισσότερες γνήσιες εικονικές συναρτήσεις-μέλη (πχ. η κλάση Vertebrate).
- Συμπαγής παράγωγη κλάση είναι η κλάση που δεν έχει γνήσιες εικονικές συναρτήσεις-μέλη (πχ. η κλάση Fish).
- Δεν μπορούν να δημιουργηθούν στιγμιότυπα των αφηρημένων βασικών κλάσεων.

Παράδειγμα: Μια ιεραρχία κλάσεων αποθηκευτικών μέσων




```cpp
// Ierarxia klasewn apothikeytikwn mesw

#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;

class Media
{
public:
  virtual void print() =0;
  virtual string id() =0;
protected:
  string title;
};

class Book : Media
{
public:
  Book(string a="", string t="", string p="", string i="")
    : author(a), publisher(p), isbn(i) { title = t; }
  void print() { cout << title << " by " << author << endl; }
  string id() { return isbn; }
private:
  string author, publisher, isbn;
};

class CD : Media
{
public:
  CD(string t="", string c="", string m="", string n="")
    : composer(c), make(m), number(n) { title = t; }
  void print() { cout << title << ", " << composer << endl; }
  string id() { return make + "" + number; }
private:
  string composer, make, number;
};
```

```cpp
class Magazine : Media
{
public:
  Magazine(string t="", string i="", int v=0,  int n=0)
    : issn(i), volume(v), number(n) { title = t; }
  void print()
  { cout << title << " Magazine, Vol. " << volume
         << ", No. " << number << endl;
  }
  string id() { return issn; }
private:
  string issn, publisher;
  int volume, number;
};

int main()
{
  Book book("Bjarne Stroustrup", "The C++ Programming Language",
            "Addison-Wesley", "0-201-53992-6");
  Magazine magazine("TIME", "0040-781X", 145, 23);
  CD cd("BACH CANTANAS", "Johann Sabastian Bach", "ARCHIV", "D120541");
  book.print();
  cout << "\tid: " << book.id() << endl;
  magazine.print();
  cout << "\tid: " << magazine.id() << endl;
  cd.print();
  cout << "\tid: " << cd.id() << endl;
}
```

```
[panos@pc-247 Cpp]$ c++ ierarxia.cpp
[panos@pc-247 Cpp]$ a.out
The C++ Programming Language by Bjarne Stroustrup
        id: 0-201-53992-6
TIME Magazine, Vol. 145, No. 23
        id: 0040-781X
BACH CANTANAS, Johann Sabastian Bach
        id: ARCHIVD120541
[panos@pc-247 Cpp]$
```